5e Année N° 28 Août 1938

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Résultats de dix années de mesures d'insolation en Tunisie.
Sur les vols en direction de Tamatave.
Sondages par avion dans les Etablissements français de l'Océanie.
Quatre années de sondages aérologiques en Océanie.
Chutes de pluies et manifestations orageuses exceptionnelles à Djibouti.
La frontologie aux Antilles.
Au sujet des séismes de la chaîne des Petites Antilles.
Notes et informations.
Bibliographie.

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . . 50 francs.

ETRANGER . . . . . 60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une. . . . . 60 francs.

Prix du N° isolé de ces collections. . . . . 12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

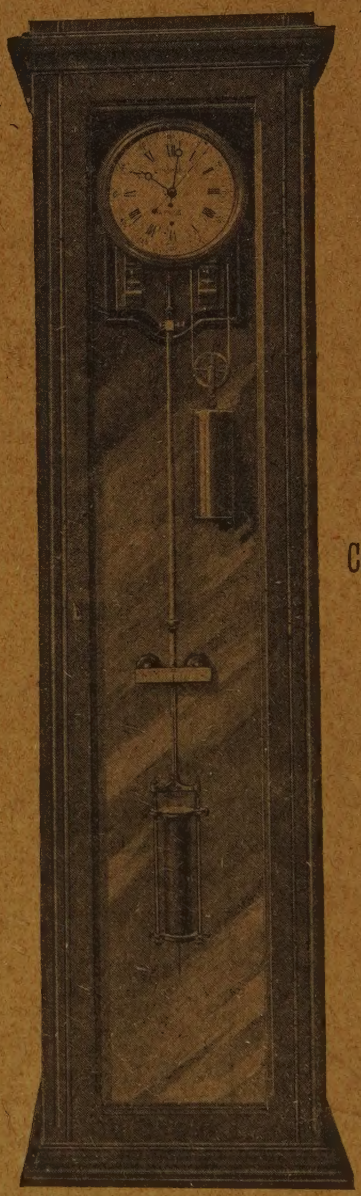
Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS

Téléph. Anjou 25-60



Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Résultats de dix années de mesures d'insolation en Tunisie

Trois héliographes Campbell ont été installés par le Service Météorologique tunisien : 1° à Tunis, 2° à Kairouan, 3° à Sfax. Ces appareils ont été mis en service à des dates différentes ; le dernier d'entre eux a commencé à fonctionner au début de 1928. Depuis lors, les observations ont été poursuivies régulièrement. Pour l'ensemble des 3 stations, on dispose donc de 10 années (1928-1937) de mesures continues. Le but du présent travail est d'étudier les résultats obtenus et de procéder à une comparaison entre les données des trois stations.

I. — Observations faites a Tunis

a) *Résultats des mesures.* — Ils sont consignés dans le tableau I où l'on trouvera : 1° les moyennes mensuelles des durées d'insolation ; 2° les moyennes des maximums mensuels ; 3° les maximums absolus (valeurs les plus élevées notées chaque mois pendant les 10 années d'observations) ; 4° les moyennes des maximums mensuels (sauf pour juillet et août, les valeurs des minimums absolus sont égales à 0) ; 5° j'ai relevé le nombre de jours pendant lesquels l'héliographe n'a rien inscrit et que j'appellerai jours sans soleil.

Les 4 premiers éléments présentent une variation annuelle très nette, avec maximum au mois de juillet et minimum en décembre ou janvier. Les valeurs de janvier et de décembre diffèrent peu. Pour les moyennes des maximums mensuels, et pour les maximums absolus, les valeurs de juin et de juillet sont très voisines les unes des autres.

Pour les jours sans soleil, la variation est très irrégulière ; il est probable qu'une étude portant sur une période plus longue ferait apparaître une variation annuelle analogue à celle des éléments précédents. Au cours de juin, juillet et août, il n'y a pas eu de jours sans soleil. Pendant 5 mois de l'année, on en compte au moins 10 avec 2 maximums, l'un en janvier (18 jours), l'autre en mars (17).

b) *Discussion des résultats.* — L'héliographe Campbell, appareil simple et commode, en usage depuis longtemps, n'est pas à l'abri de toute critique. Les valeurs qu'il fournit pour la durée d'insolation sont trop petites. En effet, lorsque le soleil est près de l'horizon, par un temps légèrement brumeux ou lorsque de fins nuages du type cirrus ou cirrostratus interceptent, même en plein été, une fraction des rayons solaires, la chaleur concentrée sur le carton bleu n'est pas toujours suffisante pour le brûler. Toutefois, elle l'est souvent assez pour le décolorer ou le jaunir, et si dans les lectures on tient compte des éléments jaunis ou décolorés, les erreurs commises sont beaucoup moindres qu'il ne le semblerait à permière vue. Au surplus, on peut facilement calculer une limite supérieure des erreurs en question.

Les jours où la nébulosité est restée nulle, la durée d'insolation est sensiblement égale à la longueur du jour solaire. Ces jours-là, l'écart entre la longueur en question et la durée d'insolation mesurée d'après la bande de l'héliographe fournira la limite supérieure de l'erreur que l'on cherche à évaluer. Il serait trop long d'étudier une par une toutes les mesures se rapportant aux jours de nébulosité nulle. Je me bornerai donc à comparer les moyennes des maximums mensuels aux longueurs moyennes mensuelles du jour solaire.

Les mesures des durées d'insolation étaient autrefois effectuées à 1 ou 2 minutes près ; on s'est rendu compte qu'une telle précision était illusoire, et depuis quelques années on se contente de faire les lectures à 5 minutes près. Pour la comparaison, j'ai donc pu me borner à calculer les longueurs moyennes des jours solaires à 2 ou 3 minutes près, calcul qui peut être effectué rapidement.

La longueur moyenne du jour solaire est toujours supérieure à la moyenne des maximums mensuels des durées d'insolation (voir tableau I). L'écart varie d'un mois à l'autre ; il oscille entre 7 et 56 minutes ; l'erreur relative varie donc entre 1 et 7 %. Répétons qu'il s'agit là d'une limite supérieure de l'erreur. En effet, les mesures de nébulosité ne tiennent pas compte de circonstances accidentelles telles que brume à l'horizon, vent de sable, etc..., qui ont pour effet de réduire la durée d'insolation. Par suite, on peut considérer comme acceptables les résultats obtenus à l'aide de l'héliographe Campbell.

La longueur du jour solaire étant le principal élé-

ment qui influe sur la durée d'insolation, et cette longueur variant suivant la latitude, il est d'usage, pour permettre les comparaisons entre les données des diverses stations, d'introduire une nouvelle quantité, la fraction d'insolation, égale au rapport entre le total des durées d'insolation au cours du mois et le total de la longueur des jours solaires pendant le même mois ; on peut également calculer le rapport des moyennes au lieu du rapport des sommes. Les fractions d'insolation pour Tunis sont consignées dans le tableau I.

D'autre part, la nébulosité a pour effet de diminuer la durée de l'insolation. La nébulosité moyenne mensuelle, calculée pour les 10 années à Tunis à l'aide des 3 observations journalières figure aussi dans le tableau I (p. 107).

On peut se demander si, en l'absence d'héliographe, la fraction d'insolation ne pourrait pas être évaluée à partir de la nébulosité moyenne. En retranchant de l'unité le 1/10 de la valeur de la nébulosité, on obtient un nombre qui, multiplié par la longueur moyenne mensuelle du jour, donnera une valeur fournissant en première approximation la durée moyenne d'insolation. A partir de cette valeur, on pourrait calculer la fraction d'insolation. Le résultat de ce calcul est reproduit dans le tableau I. Les valeurs obtenues sont toutes plus faibles que celles provenant des données de l'héliographe. En juillet et août, les écarts relatifs sont faibles (1 et 6 %), mais pour les autres mois ils sont nettement trop élevés (12 à 26 %). *Les mesures de nébulosité ne permettent donc pas une évaluation acceptable de la durée d'insolation.* Une telle conclusion peut surprendre à première vue ; mais le calcul de la nébulosité ne tient pas compte des éclaircies qui se sont produites entre les observations ; par contre, il est vrai, il peut se produire des éclaircies juste au moment des observations, le ciel restant couvert le reste du jour, mais la probabilité est beaucoup moindre. Bref, le mode de calcul de la nébulosité moyenne conduit à des valeurs trop élevées.

De plus, la nébulosité moyenne est une valeur globale relative à l'ensemble des nuages des différents niveaux. Les nuages élevés peuvent parfois laisser passer une fraction de l'énergie solaire qui impressionne la bande de l'héliographe alors même que l'on aura noté pour la nébulosité une valeur élevée. Donc, du moins pour une station où l'on effectue 3 observations par jour, la nébulostité moyenne ne donne qu'une idée très grossière de la durée de l'insolation : d'où l'intérêt des mesures faites à l'héliographe.

II. — Comparaison des résultats obtenus a Sfax et a Kairouan avec ceux de Tunis

Les résultats obtenus à Kairouan figurent dans le tableau II, ceux de Sfax dans le tableau III. On y trouvera : 1° les moyennes mensuelles, 2° les moyennes des maximums mensuels, 3° les maximums absolus, 4° les moyennes mensuelles des minimums des durées d'insolation, 5° les nombres de jours sans soleil, 6° les durées moyennes du jour solaire, 7° les écarts entre les longueurs et les moyennes des maximums, 8° les fractions d'insolation (p. 107).

Pour les moyennes mensuelles, aux 3 stations, le maximum se produit en juillet et le minimum en décembre. Les valeurs les plus élevées sont celles de Sfax ; l'écart entre les valeurs de Sfax et celles de Tunis varie de 5 minutes en août à 2 h. 3 m en janvier. Les valeurs de Kairouan sont plus élevées que celles de Tunis, sauf en juillet ; les écarts varient de — 6 m (juillet) à 1 h. 50 m (janvier).

Pour les maximums mensuels, le minimum a encore lieu en décembre, mais le maximum se produit soit en juin, soit en juillet ; les valeurs de juin et de juillet sont d'ailleurs peu différentes. Pendant les mois d'été (juin-août), les valeurs les plus élevées sont celles de Tunis. De janvier à mars, ce sont celles de Kairouan qui viennent en tête ; pendant le reste de l'année, ce sont celles de Sfax. Les écarts entre les valeurs de Sfax et celles de Tunis varient de — 6 m (août) à + 30 m (décembre) ; entre Kairouan et Tunis de — 18 m (août) à + 30 m (mars).

Les maximums absolus présentent leur maximum en juillet pour Tunis, et en juin pour Sfax et Kairouan. Le minimum a lieu en décembre pour les 3 stations. Les valeurs les plus élevées sont notées à Sfax, sauf pour juillet et août, où Tunis vient en tête ; pour septembre, les valeurs de Tunis et de Sfax sont égales. En octobre, Kairouan présente la plus grande valeur. Entre Sfax et Tunis, les écarts varient de — 10 m (juillet) à + 50 m (mars). Entre Kairouan et Tunis, ils oscillent entre — 25 m (août) et + 25 m (mars).

Les minimums mensuels présentent leur maximum en juillet ; le minimum a lieu en janvier pour Tunis, en novembre pour Kairouan, et en décembre pour Sfax. Les valeurs les plus élevées sont celles de Sfax, sauf en décembre où Kairouan vient en tête ; les valeurs de Sfax et de Kairouan sont égales en mars et en octobre. Entre Sfax et Tunis, les écarts oscillent de 16 m (mars) à 2 h. 19 m (septembre). Entre Kairouan et Tunis, ils sont compris entre 6 m (décembre) et 1 h. 47 m (septembre.)

Pour les 3 stations, les mois de juillet et août ne présentent pas de jours sans soleil ; juin n'en présente pas pour Tunis et Kairouan, ni septembre pour Sfax. Les maximums ont lieu en janvier et mars pour Tunis (18 et 17), mars et novembre pour Sfax (13 et 11) et pour Kairouan (15 et 14). Dans l'ensemble, il y a plus de jours sans soleil à Tunis qu'à Kairouan, et plus à Kairouan qu'à Sfax.

Par suite de la différence de latitude, les jours sont plus longs en hiver à Sfax qu'à Kairouan et à Kairouan qu'à Tunis ; en été, c'est le contraire. L'écart maximum entre Tunis et Sfax (aux solstices) est de 11 m ; entre Tunis et Kairouan, il est de 6 m. Ces écarts sont donc assez faibles et n'interviennent que d'une manière insignifiante dans les différences relevées entre les résultats obtenus aux 3 stations. Cette influence se trouve d'ailleurs éliminée dans le calcul des fractions d'insolation.

Les différences entre la longueur moyenne du jour solaire et la moyenne des maximums mensuels varient à Tunis entre 7 et 56 m, à Kairouan entre 3 et 39 m, à Sfax entre 1 et 41 m. Elles sont du même ordre ; la comparaison des résultats est donc légitime.

Pour les 3 stations, les fractions d'insolation présentent un maximum en juillet ; le miniumm a lieu en décembre-janvier pour Tunis, et en mars pour Kairouan et Sfax. Les valeurs les plus élevées sont celles de Sfax, les plus basses généralement celles de Tunis ; toutefois, en juillet, la valeur de Tunis est supérieure à celle de Kairouan, et en août les valeurs de ces 2 stations sont égales. La variation annuelle est beaucoup plus marquée à Tunis qu'à Sfax et à Kairouan. Les valeurs de ces 2 dernières stations diffèrent assez peu ; l'écart relatif varie de 1 % en août à 8 % en décembre. Entre Sfax et Tunis, l'écart varie de 1 % (août) à 40 % (décembre) ; entre Kairouan et Tunis, il oscille entre — 1 % (juillet) et 35 % (janvier). Les écarts les plus notables se produisent donc en hiver, tandis qu'en été les valeurs obtenues pour les 3 stations diffèrent assez peu. Au point de vue de l'insolation, les climats de Sfax et de Kairouan se ressemblent beaucoup, tandis qu'ils se distinguent nettement de celui de Tunis. Tunis subit en effet directement l'influence marine, étant exposée aux vents du Nord transportant des nuages qui, pour une grande partie, s'évaporent ou se résolvent en pluie avant d'avoir atteint les régions de Kairouan et de Sfax.

Charles Bois.

Sur les vols en direction de Tamatave

On se propose d'examiner sommairement ici quelques remarques spéciales effectuées régulièrement à Tamatave depuis juillet 1935 (voir les tableaux de la p. 108).

La station de cette ville observe plusieurs fois par jour l'aspect du ciel et de l'horizon vers l'Ouest et le note de 0 à 5 d'après l'échelle suivante, au point de vue de l'aviation :

0 : conditions météorologiques excellentes sur le littoral et sur les crêtes ;

1 : crêtes dégagées, survol de Tamatave possible sans grosses difficultés ;

2 : crêtes encrassées ; survol de Tamatave possible sans grosses difficultés ;

3 : pluie vers l'Ouest ne permettant pas de voir les crêtes, survol de Tamatave possible ;

4 : crêtes encrassées ; survol de Tamatave très difficile ;

5 : temps bouché sur Tamatave.

L'horizon Ouest de Tamatave est limité par une chaîne montagneuse orientée à peu près Nord-Sud parallèlement au littoral, à une cinquantaine de kilomètres de celui-ci, et dont l'altitude moyenne varie de 1100 à 1400 mètres ; plusieurs sommets dépassent 1450 mètres. La route suivie normalement par les avions entre Tananarive et Tamatave franchit cette chaîne à 70 kilomètres plus au Sud, mais il n'y a pas de différence notable de climat entre ces deux points ; les conclusions de la présente note sont donc valables pour le parcours Moramanga-Tamatave comme pour celui du lac Alaotra à Tamatave.

Lorsque le vol est qualifié « possible » ou « impossible », on entend par là le vol au-dessous du plafond. Les observations sont faites cinq fois par jour, aux heures 7, 9, 12, 14 et 17.

Le tableau I est le résumé des observations faites

de juillet 1935 à fin juin 1937. On a calculé, pour chacune des 5 heures de la journée et pour chacun des 12 mois, le pourcentage des valeurs 0, 1, 2, 3, 4, 5 de l'échelle indiquée ci-dessus. Par exemple, pour janvier, les observations de 7 heures ont donné lieu à la note 0 dans 20 % des cas, à la note 1 dans 32 % des cas, etc...

Le tableau II condense les résultats précédents ; on a réuni dans le groupe A les observations chiffrées de 0 à 1, correspondant à un vol facile ou sans grosses difficultés, et dans le groupe B les observations chiffrées de 2 à 5, correspondant à un vol très difficile ou impossible. Les résultats sont encore exprimés en pourcentage ; par exemple, en janvier à 7 heures le groupe A comprend 52 % des observations et le groupe B, 48 %.

Le tableau III résume le tableau II, en réunissant pour un même mois les observations faites aux diverses heures.

Le tableau IV est aussi tiré du tableau II, en réunissant pour la même heure les observations des 12 mois.

L'examen de ces chiffres suggère quelques remarques. D'abord les groupes A et B sont égaux pour l'ensemble de l'année. Les observations ne concernent que la région comprise entre Tamatave et les crêtes à l'Ouest ; mais celle qui est située au delà, entre les crêtes et le Mangoro, n'est pas exempte de difficultés atmosphériques et le pourcentage des cas défavorables ne peut qu'être augmenté si l'on en tient compte, et dans une proportion notable. Si l'on envisage le parcours Tamatave-Tananarive, les difficultés augmentent encore, puisqu'une deuxième chaîne montagneuse doit être franchie.

Revenons au tableau III. A l'exception des 3 mois favorables de septembre, octobre et novembre, les observations défavorables l'emportent ou sont à égalité pendant le reste de l'année, les mois les plus mauvais étant ceux de mars à juillet. A cette époque de l'année, l'alizé s'établit, succédant aux calmes de la saison chaude. Sur le littoral, la nébulosité est abondante, les précipitations sont du type « averses » ou pluies prolongées sans régularité. Sur les flancs de la montagne, le plafond rejoint le sol ; les pluies, un peu moins abondantes, sont souvent du type « crachin brouillard », de longue durée ; les éclaircies sont plus rares et plus courtes que sur le littoral.

Le tableau IV montre que le moment de la journée le moins défavorable se situe entre 9 et 14 heures ; mais, en fait, ceci n'est exact qu'en saison chaude : les orages qui se forment dans l'intérieur des terres n'éclatent qu'en fin d'après-midi et laissent souvent, le lendemain matin, des résidus nuageux et du brouillard sur la région montagneuse ; les heures du milieu du jour sont donc les moins défavorables en cette saison. Tandis qu'en saison fraîche, il n'y a pas d'heure vraiment privilégiée.

Examinons maintenant les observations du tableau I en négligeant l'aspect des crêtes de l'Ouest pour ne considérer que le temps régnant à Tamatave. On peut, dans ce but, grouper les observations comme suit :

Groupe C : Observations chiffrées 0, 1, 2, 3, correspondant à des conditions bonnes ou passables à Tamatave.

Groupe D : Observations chiffrées 4 ou 5, correspondant à des conditions mauvaises ou très mauvaises à Tamatave.

Les résultats numériques font l'objet des tableaux V, VI et VII.

Pour l'ensemble de l'année, nous avions noté au moins 50 % de cas défavorables en considérant *l'ensemble* Tamatave et crêtes. Si l'on se borne aux alentours immédiats de Tamatave, il n'y a plus que 14 % de cas défavorables. Le mois le plus mauvais (juin) n'a ici que 27 % de cas défavorables, tandis que sur l'étendue Tamatave-crêtes, il en compte 63 %.

Si l'on observe enfin que le régime atmosphérique est le même le long du littoral, jusqu'à 150 km au Nord et au Sud de Tamatave, on peut résumer comme suit les diverses remarques précédentes :

1° Si l'on va de l'intérieur (lac Alaotra ou Moramanga) vers Tamatave, ou inversement, on a — pour l'ensemble de l'année — au moins 50 chances sur 100 d'être arrêté ou sérieusement gêné.

2° Entre Tamatave et un terrain situé à une distance d'une centaine de km de cette ville, mais à proximité du littoral, on n'a, pour l'ensemble de l'année, que 14 chances sur 100 d'être arrêté ou sérieusement gêné.

Ces conclusions montrent le rôle prépondérant du relief ; elles s'accordent avec l'expérience ; elles mériteraient d'être envisagées lors de l'établissement d'un service régulier devant desservir Tamatave.

Tananarive (Madagascar).

J. Thomas,
Ingénieur-Météorologiste en chef des Colonies.

Sondages par avion dans les Etablissements français de l'Océanie

Matériel employé

Les sondages sont faits à bord d'hydravions de la base de Papeete avec un météorographe acheté il y a trois ans aux Etablissements Richard. C'est l'appareil n° 10.287 du catalogue ; son poids est de l'ordre de 1 kilog. ; il est renfermé dans une boite métallique percée de trous ; les dimensions extérieures sont : largeur 225 mm., hauteur 270 mm., profondeur 100 mm. Le cylindre enregistreur a une hauteur de 165 mm. et un diamètre de 67 mm., il fait une révolution complète en 13 heures. Les styles ont une course de 75 mm. pour la pression (350 mm. de mercure), de 60 mm. pour la température (50°) et de 20 mm. pour l'état hygrométrique.

L'enregistrement se fait sur papier noirci au noir de fumée, le système encreur livré primitivement avec l'appareil ne donnant pas de bons résultats à la colonie.

La ventilation est satisfaisante mais, le cylindre enregistreur n'étant pas assez protégé, le diagramme est souillé au moment du passage dans les nuages. Nous tâcherons de remédier à cet inconvénient en remplaçant le boîte de protection actuelle par un boîtier fuselé analogue à celui des nouveaux météorographes type O. N. M.

Nous ne pouvons — comme il serait souhaitable — étalonner l'appareil tous les six mois, car nous ne possédons pas de cloche pneumatique, les données que nous pouvons déduire des enregistrements n'ont donc pas un caractère absolu, mais les renseignements que nous donne l'allure de la courbe « altitude-température » sont néanmoins des indications précieuses.

Depuis mon retour à la colonie nous avons essayé diverses positions pour fixer le météorographe sur les hydravions, mais pour l'instant nous ne nous sommes arrêtés à aucune solution définitive, car nous n'avons pu atténuer suffisamment les vibrations.

Résultats

Les deux graphiques de la page 109 donnent les variations de la température en fonction de l'altitude les 17 et 24 septembre 1937. Sur les parties droites des graphiques nous avons donné les résultats d'un sondage par ballon-pilote, le plus rapproché dans le temps du sondage par avion.

Sondage du 17 *septembre* 1937. — La nébulosité pendant le sondage a été constante et égale à 9, le ciel étant couvert d'une légère couche de stratocumulus. On a observé jusqu'à 200 mètres un décroissement rapide de température de 1° par 100 mètres, puis la courbe de température se redresse jusqu'à 600 mètres pour ne donner qu'un décroissement de 0°4 par 100 m. La courbe accuse ensuite jusqu'à 1.900 m. une décroissance de 0°5 par 100 m. A ce moment l'avion traverse une légère couche de stratocumulus d'environ 200 mètres d'épaisseur. Immédiatement après brusque réchauffement de l'air de 5°. Puis la courbe accuse une montée sensiblement parallèle à celle de 600 à 1.900 m. avec quelques oscillations. Le sondage par ballon-pilote n'a pas pu être fait au même instant que le sondage par avion car nous avons dû attendre que le ciel se dégage. Mais comme généralement les variations de direction du vent en altitude sont assez faibles au cours d'une journée nous pouvons admettre que le courant chaud supérieur est un courant du secteur Sud.

Sondages du 24 *septembre* 1937. — Ciel avec quelques cumulus de beau temps (Nébulosité 2) et altocumulus (Nébulosité 5).

Dans les 600 premiers mètres, décroissement rapide de la température 1° par 100 m., puis décroissement à peu près constant de 0°8 par 100 m. à partir de 1.200 m.

Nous n'avons pas indiqué dans cette note la variation de l'état hygrométrique car cette partie de l'appareil n'a donné que des résultats très confus. La seule constatation que nous avons pu faire c'est une forte diminution de l'humidité au moment de l'inversion de température dans le sondage du 17 septembre à 2.000 m.

Papeete, le 28 *septembre* 1937.

J. Ravet,

Chef du Service Météorologique des E. F. O.

Quatre années de sondages aérologiques en Océanie

Nous nous proposons de grouper les premières conclusions que l'on peut dégager de la comparaison des résultats des quatre premières années de sondages aérologiques en Océanie, commencés au début de mars 1934 sous la direction de M. J. Ravet, Chef du Service Météorologique, et poursuivis méthodiquement depuis cette date.

Nous indiquerons tout d'abord les résultats obtenus pour les années 1936 et 1937, qui sont celles pour lesquelles on a les observations les plus complètes.

Les sondages ont tous été effectués à l'observatoire du Faierè (Papeete), à 92 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer. Etant donnée la situation géographique de la station, il y a lieu de faire remarquer que l'influence du relief se fait sentir, suivant les cas, jusqu'à 500 ou 2.500 mètres d'altitude environ. Ainsi que l'a montré M. J. Ravet, à propos des sondages aérologiques effectués en 1934, il est nécessaire de tenir compte des faits suivants :

1° Pour les vents du secteur compris entre les directions NE et SE, les remous provoqués par l'échauffement plus ou moins irrégulier des masses d'air au contact du sol et de l'eau des lagons, peuvent être sensibles jusqu'à 1.000 et 1.500 mètres d'altitude. A cette hauteur, le ballon pilote a généralement parcouru une distance horizontale de 2 à 3 kilomètres, ce qui le situe hors de l'influence du relief de l'île ;

2° Pour les vents des secteurs NW, W et SW, c'est-à-dire ramenant le ballon vers la montagne, la turbulence due aux vents ascendants se manifeste au moins jusqu'à 2.500 mètres et occasionne, ainsi, d'assez grandes erreurs.

Dans ce qui suit, nous avons systématiquement éliminé les résultats des sondages qui nous ont semblé manifestement erronés, soit que le diamètre du ballon nous ait paru nettement trop grand pour l'altitude atteinte, soit que le ballon n'ait pas été caché par certains nuages dont l'altitude approximative nous était connue. C'est ainsi que nous n'avons tenu aucun compte d'un sondage au cours duquel le ballon-pilote aurait atteint 14.000 mètres, sans être occulté par un cirrus densus (altitude maximum 10.000 mètres) sous lequel il se trouvait.

Les sondages de 1936

Au cours de 1936, nous avons procédé à 318 sondages à un théodolite : 275 d'entre eux nous ont paru acceptables : déchet 13%. Les ballons-pilotes employés avaient 150 grammes de force ascensionnelle, et étaient du modèle courant. Au cours de ces sondages, on a atteint ou dépassé 103 fois l'altitude de 6.000 mètres et 36 fois celle de 10.000 mètres. Le ciel de Tahiti se couvrant très rapidement, il est difficile de pousser très haut la plupart des sondages.

Voici, mois par mois, les résultats que nous avons obtenus en 1936.

Janvier. — Les vents dominants entre 500 et 3.500 mètres sont de NE et E (80 à 100 %), les remous d'air dus au relief ne se faisant sentir que jusque vers 800 mètres au-dessus de la station. Entre 3.500 et 4.000 mètres, le vent a une légère tendance à tourner au SE, mais revient au NE entre 4.000 et 7.500 mètres, tout en augmentant progressivement de force (de 20 à 50 kilomètres-heure).

A 7.500 mètres apparaissent quelques filets d'air venant de l'Ouest, puis brusquement à 8.000 le régime des vents d'W et SW s'établit et s'étend jusqu'aux cirrus qui se déplacent avec des vitesses de l'ordre de 100 kilomètres à l'heure.

Février. — Les courants ascendants et les remous d'air sont particulièrement importants entre 500 et 2.000 mètres ; nous notons toutefois à travers la grande diversité des directions observées, une certaine tendance au Nord-Est, à l'Est et au Sud-Est. A 2.500 mètres, l'influence du relief disparaît, et on constate jusqu'à 3.000 mètres la présence d'un courant assez fort (force 3 ou 4 Beaufort) venant de l'Est ; puis le vent redevient très variable jusqu'à 6.000 mètres, altitude au delà de laquelle, par suite des mauvaises conditions atmosphériques, il n'a pas été possible de suivre le ballon-pilote.

Mars. — Jusqu'à 1.000 mètres, alternance des vents des secteurs E et W ; très grande variabilité dans la direction jusqu'à 4.500 mètres, mais prédominance des vents d'E et de NE qui sont nettement établis entre 5.000 et 6.000 mètres, avec toutefois

quelques filets d'air venant de l'Ouest ou du Sud-Ouest.

Comme au mois de février, on n'a pas pu dépasser l'altitude de 6.000 mètres par suite des mauvaises conditions atmosphériques.

Avril. — De 500 à 1.000 mètres, vent variable ; de 1.000 à 2.500 mètres, prédominance des vents NE, E, et SE ; entre 2.500 et 5.500 mètres, toutes directions de vents avec des vitesses assez faibles, et au delà de cette altitude, courants constants du secteur SW dont la vitesse de déplacement croît rapidement avec l'altitude, passant de 40 kilomètres-heure (6.000 mètres) à plus de 100 kilomètres-heure (10.000 mètres).

Mai. — Jusqu'à 500 mètres, courants ascendants et remous d'air très caractérisés. De 1.000 à 4.500 mètres, vents de NE à SE prédominants (60 à 90%) leur vitesse augmente progressivement et passe de 4 à 25 kilomètres-heure. Entre 4.000 et 6.000 mètres, on trouve, comme en avril, des vents en tous sens, de faibles zones de courants instables, sans qu'on puisse indiquer une direction prédominante : la force du vent est alors assez faible. A 6.000 mètres, superposition de filets d'air assez variables venant alternativement de l'Est et de l'Ouest, puis régime des vents d'Ouest jusqu'au delà du niveau moyen des cirrus, où la vitesse du vent dépasse 110 kilomètres-heure (force 12 Beaufort).

Juin. — Entre le sol et 3.500 mètres, vents de NE et d'E prédominants (90%) ; courants ascendants négligeables ; variabilité extrême dans la direction du vent entre 3.500 et 5.500 mètres, avec vitesses modérées (15 à 20 kilomètres-heure). A 5.500 mètres, apparaissent des filets d'air continus venant de l'Ouest, et, à 6.000 mètres, le régime des vents de SW à NW est nettement établi jusqu'à 10.000 mètres, avec des vitesses croissant assez rapidement et atteignant 100 kilomètres.

Juillet. — On trouve sensiblement la même disposition des courants aériens que pour le mois de juin :

1° De 500 mètres à 2.000 mètres, vents prédominants de NE et d'E, tournant légèrement au SE entre 2.000 et 4.000 mètres ;

2° Entre 4.000 et 5.500 mètres, zone de vents très variables en direction et de force assez faible ;

3° A 5.500 mètres, présence de filets d'air d'Ouest, augmentant très rapidement en nombre et en force pour former, à partir de 6.000 mètres, une zone de vents d'Ouest atteignant les forces 10 et 12 Beaufort (75 à 110 kilomètres).

Août. — Entre 500 et 2.000 mètres, courants ascendants et remous d'air très marqués, au cours de la plupart des sondages. A travers la diversité des directions qui ont pu être notées, on trouve néanmoins de légers vents d'Est dominants entre 1.000 et 2.500 mètres.

Entre 3.000 et 4.000 mètres, nouvelle zone de vents très variables en direction, et de force modérée. A partir de 6.000 mètres, régime des vents de NW et d'W, jusqu'à la stratosphère, vitesses atteignant très rapidement 90 et 100 kilomètres à l'heure.

Septembre. — Jusqu'à 1.000 mètres, perturbations importantes dues au relief ; vents de NE et E jusqu'à 3.500 mètres. Entre 3.500 et 5.000 mètres, zone de vents variables de faible intensité, puis au delà de 5.000 mètres, régime des vents d'Ouest, de NW et SW ; vitesse dépassant la force 11 Beaufort (90 à 100 kilomètres-heure).

Octobre. — Pas de sondages par suite d'un retard dans la livraison des ballons-pilotes. Toutefois, d'après l'observation aussi régulière que possible des nuages, il a été possible de se rendre compte que le régime des vents a été assez semblable à celui de septembre, avec cependant une turbulence plus active dans les couches basses de l'atmosphère.

Novembre. — Entre 500 et 2.000 mètres, les remous d'air influent beaucoup sur l'allure générale des sondages ; légers courants d'Ouest entre 2.000 et 2.500 mètres, avec prédominance des vents d'Est. On retrouve la zone des vents variables et instables entre 3.000 et 5.000 mètres, puis au delà, régime des vents des secteurs SW à NW ; les vitesses croissent régulièrement de 50 à 90 kilomètres-heure.

Décembre. — Faible turbulence jusqu'à 500 mètres, puis vents de NE et E, bien établis jusqu'à 4.000 mètres ; la zone des vents instables devient moins épaisse (4.000-5.500 mètres) tout en s'élevant un peu. A 5.500 mètres, la direction générale des vents se fixe au SW ou à l'W ; leur vitesse croît progressivement de 40 à 90 kilomètres-heure.

Les sondages de 1937

Nous n'avons pu procéder, en 1937, qu'à 244 sondages, dont 169 ont dépassé l'altitude de 4.000 mètres, 131 celle de 6.000 mètres, et 32 ont atteint ou dépassé

10.000 mètres. Les données ainsi obtenues, trop insuffisantes, peut-être, en nombre, pour une étude très précise de la fine structure de l'atmosphère, ont été complétés par l'observation continue des diverses espèces et variétés nuageuses. Nous avons eu ainsi des indications concordantes très nettes sur la direction générale des mouvements de l'atmosphère, au cours de l'année.

Dans le tableau I sont indiquées, mois par mois, à quelles altitudes ont été observés les différents courants aériens (p. 109).

Ce tableau se rapproche très sensiblement des observations de 1936. Nous le complétons en donnant, mois par mois, les roses des vents de 1.000 en 1.000 mètres, sur les graphiques 1, 2, 3 (voir pages 111 et 112), où la longueur des lignes suivant chaque direction est proportionnelle au pourcentage du vent.

Variation annuelle des limites des courants aériens

Depuis 1934, nous avons retrouvé chaque année la même disposition, à quelques détails près, des courants aériens au-dessus de Papeete ; aussi la comparaison des graphiques de ces quatre années nous permet-elle d'aborder la question avec quelque précision. Voici tout d'abord deux tableaux donnant, le premier, le pourcentage *annuel* des directions du vent observées de 1934 à 1937 à diverses altitudes et, le deuxième, la moyenne relative à ces quatre années (nous avons souligné d'un trait les deux directions prédominantes à chaque altitude).

Il est aisé de voir, d'après ces deux tableaux (p. 110), qu'il existe d'une façon générale, sans tenir compte de la saison, quatre zones distinctes entre le sol et le niveau des cirrus :

1° Une *zone de turbulence* s'étendant du sol jusque vers 1.500 mètres, zone de courants ascendants dus simultanément à l'échauffement considérable, pendant le jour, du lagon qui entoure Tahiti, et au relief très accidenté de l'île ;

2° Une zone de courants assez forts, l'*alizé*, dont la direction générale varie du Nord-Est à l'Est et dont la limite supérieure se trouve en moyenne vers 3.000 à 3.500 mètres. Bien entendu, on constate la prédominance des vents de ces directions dans la couche superficielle de turbulence. La force de l'alizé est, comme nous le verrons plus loin, assez variable avec la saison et même d'un jour à l'autre ; toutefois, lorsqu'il est bien établi, il n'est pas rare de trouver à 2.000 mètres, des vitesses supérieures à 8 mètres/seconde (1) ;

3° Une *zone de transition*, zone de vents plus faibles, de directions très variables que l'on rencontre d'ordinaire entre 3.500 et 4.000 mètres.

4° Au delà, souffle le *contre-alizé*, vent en général très fort ($\geq$ 12 mètres/seconde) soufflant du Sud-Sud-Ouest à l'Ouest-Nord-Ouest. Sa limite supérieure ne nous est pas connue : elle est située très probablement au-dessus du niveau des cirrus ; le déplacement de ceux-ci s'effectuant habituellement de l'Ouest vers l'Est.

Les limites que nous venons d'indiquer pour ces différentes zones varient toutefois avec la saison mais, cette variation se présente sensiblement de la même façon d'une année à l'autre, comme on peut le voir sur les graphiques 5 et 6 (voir page 113) qui schématisent la structure de l'atmosphère en 1936 et 1937. La similitude de ces schémas est assez remarquable.

La zone superficielle de turbulence existe toute l'année, mais la force des courants ascendants y est très variable ; bien que nous n'ayons à ce sujet que de très vagues indications et aucune mesure directe, il est à peu près certain que leur influence est maximum pendant la saison chaude (décembre à avril) lorsque les phénomènes de convection sont très importants, et qu'elle est minimum pendant la nuit et le matin jusque vers 8 heures, ou encore lorsque le ciel est couvert par une vaste nappe stratiforme de nuages supérieurs ou moyens. Dans ce cas-là, en effet, l'échauffement des plans d'eau du lagon et celui de l'air relativement froid et humide des vallées, est considérablement diminué et s'effectue très lentement. D'ailleurs, il nous a été donné d'observer à maintes reprises, que, sous une nappe de cirrostratus ou d'altocumulus en grosses balles soudées, ou encore d'altostratus couvrant tout le ciel, les cumulus ne se développaient qu'avec lenteur et que leurs sommets ne dépassaient jamais l'altitude de 2.000 à 2.500 mètres, alors que la veille, sous d'autres espèces de nuages, ils culminaient à 6.000 ou 8.000 mètres.

L'alizé, tout au moins dans sa force, subit le contre-coup de ces variations, mais son intensité est surtout liée directement aux oscillations de la colonne barométrique, ainsi qu'on l'a constaté dans les autres

(1) Le lecteur voudra bien noter que, malgré la position de Tahiti, par 18° de latitude *Sud*, le vent qualifié ici d'*alizé* ne vient pas du secteur S-E, mais du secteur N-E à E. Cette particularité est fonction, comme on sait, de la position excentrique de l'anticyclone permanent du Pacifique Sud. N.D.L.R.

régions tropicales (1). Sa direction générale est Est pendant la saison fraîche (juin à octobre), et au Nord-Est pendant l'hivernage (novembre à mai). C'est pendant la saison fraîche qu'il est le plus stable et le plus régulier, mais il ne s'étend guère alors au delà de 3.000 mètres. Pendant la saison chaude, bien qu'il soit fréquemment coupé par des vents d'origine dépressionnaire (Ouest et Sud-Ouest), son action est plus grande : sa limite supérieure atteint rapidement le niveau des cirrus pour lesquels en janvier 1937, par exemple, nous avons trouvé un sens de déplacement du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

Les dépressions, de nature plus ou moins cyclonique, opposent évidemment un obstacle puissant à la propagation et à l'activité de l'alizé, et leur abondance peut quelquefois le faire disparaître en partie C'est ainsi qu'en février 1937, la structure normale de l'atmosphère a été considérablement modifiée par les nombreux cyclones (quatre au moins) dont l'action a été ressentie en Océanie.

La zone de transition subit également de son côté le contre-coup des variations de l'alizé ; ses limites, essentiellement variables d'un mois à l'autre, et quelquefois d'un jour à l'autre pendant la saison chaude, se resserrent parfois à un tel point que le contre-alizé et l'alizé glissent l'un sur l'autre dans des directions exactement opposées, la rotation s'effectuant brusquement. Deux masses d'air d'origine essentiellement différente sont ainsi superposées, mais nous ne savons pas, faute d'autres stations de sondages dans la région, comment se développe dans l'espace la surface qui les limite. Il est probable que nous avons là l'origine des fronts chauds ou froids et la cause des dépressions atmosphériques.

Le contre-alizé, nous l'avons dit plus haut, est un courant stable et fort, dont la vitesse de déplacement (12 mètres/seconde en moyenne) peut atteindre et dépasser 100 kilomètres-heure. Sa direction générale est Ouest : c'est, d'avril à novembre, celle des cirrus et souvent, de mai à septembre, celle des nuages moyens très élevés. A la fin de novembre ou au début de décembre, selon l'année, la base du contre-alizé s'élève brusquement sous la poussée de l'alizé, et pendant deux mois quelquefois (décembre et janvier), ce courant supérieur, dit encore « courant de retour » est vraisemblablement refoulé au-dessus des nuages supérieurs.

Dans le tableau de la p. 110, nous avons indiqué la plus grande fréquence des directions suivies par les nuages supérieurs, moyens et inférieurs pendant l'année 1937, et nous en donnons par ailleurs une représentation graphique (voir page 112).

Ce tableau et le graphique correspondant, complètent et confirment les résultats obtenus avec le ballon-pilote, Nous avons là une image assez nette des mouvements de l'atmosphère au cours de l'année.

***

Les quelques conclusions que nous avons essayé de dégager des données accumulées depuis 1934, ne concernent cependant que la structure de l'atmosphère au-dessus de Tahiti. Il serait intéressant de rattacher les mouvements généraux observés ici à ceux que l'on peut observer dans les autres îles du Pacifique. Il n'existe malheureusement pas d'autres stations de sondages en Océanie, ni même de stations météorologiques faisant l'observation exacte des nuages. Il est à souhaiter que cette lacune soit comblée dans un avenir rapproché. Il sera possible alors de mieux préciser la présence et les conséquences des divers « fronts » et de rechercher la relation qui, probablement, existe entre ceux-ci et les différents types de temps.

Papeete (Tahiti), avril 1938.

J. GIOVANNELLI,
Ingénieur-Météorologiste des Colonies.

(1) Henry HUBERT. — Les mouvements généraux de l'air atmosphérique au-dessus des Colonies françaises. (*Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer*, N° 7, page 1, et N° 9, page 73.)

Chutes de pluies et manifestations orageuses exceptionnelles à Djibouti

Le régime pluviométrique de Djibouti présente de grandes variations annuelles, mensuelles et quotidiennes. Alors qu'en 1931, la hauteur totale de pluie ne s'élève qu'à 25 mm., en 1925 elle avait atteint 244 mm. En novembre 1931, aucune précipitation, en novembre 1934, 158 mm. ; pour une seule journée de ce même mois, les pluies atteignirent 110 mm. Les précipitations atmosphériques se situent généralement en avril, période de la petite saison des pluies et novembre-décembre-mi-janvier, période de la grande saison des pluies ou pluies d'hiver ; les qualificatifs de petit et grand ne correspondent pas obligatoirement aux quantités d'eau recueillies, — très variables pour deux saisons identiques de deux années consécutives — mais aux durées des saisons.

Les précipitations ont lieu généralement sous la forme d'averses plus ou moins intenses, mais jamais accompagnées de manifestations orageuses nettement caractéristiques, c'est-à-dire avec la foudre éclatant au voisinage de l'observateur.

Pour les premiers mois de 1937, deux anomalies ont été observées :

1° Alors que les observations de 1924 à 1936 indiquaient pour le mois de mars une hauteur moyenne d'eau de 3 mm. 7 avec 5 mois secs, 8 mois pluvieux et un total de 26 jours de pluie, on a observé pour mars 1937 une chute totale de 59 mm. 2 pour 3 jours de pluie seulement (moyenne 19 mm. 7) avec un minimum de 43 mm. 7 le 27 mars.

2° Depuis que les observations météorologiques sont régulièrement poursuivies à Djibouti, on n'avait jamais noté de chutes de pluie accompagnées de manifestations orageuses. Il n'en a pas été de même en mars-avril 1937.

Au cours des matinées des 26 et 27 mars on enregistre deux orages faibles mais cependant nettement caractérisées, accompagnées de violentes chutes de pluie : 11 mm. 5 en 45 minutes le 26 et 43 mm. 7 en 1 heure 15, le 25.

Pendant la nuit du 2 au 3 avril, vers 3 heures du matin, un grain orageux s'abat sur Djibouti ; le vent souffle secteur Est-Sud-Est, avec une vitesse atteignant 30 mètres-seconde, chassant presque horizontalement la pluie ; les éclairs sillonnent le ciel, suivis, à de très courts intervalles, par le roulement du tonnerre ; l'orage se manifeste exactement au-dessus de la station. Ce grain, aussi violent que ceux que j'ai observés en Afrique Equatoriale Française, dure une trentaine de minutes, la chute d'eau est de 10 mm. 5.

L'examen de la situation atmosphérique montre :

1° Une moyenne de la pression barométrique très légèrement inférieure à celle des cours précédents : le 26 mars, la chute de pluie a été précédée d'une baisse barométrique de 1 mm. 2, le grain orageux du 3 avril a été précédé d'une très légère hausse (0,9 mm.), immédiatement suivie d'une baisse de 0,8 mm., puis la courbe a repris son allure normale.

2° Le vent généralement Est-Nord-Est à cette période, s'infléchit rapidement vers le secteur Sud dans l'heure qui précède le grain et s'y maintient pendant toute la durée de la manifestation orageuse.

3° Dans le secteur Est, on observe, quelques heures avant le grain, un groupement de fortes masses nuageuses avec prédominance de cumulus puissants se transformant rapidement en cumulonimbus. Mais je n'ai pas remarqué de successions nuageuses caractéristiques analogues à celles qui précèdent généralement les grains orageux, notamment en Afrique Equatoriale.

Louis Lapayre,
Ingénieur-Météorologiste des Colonies,
Djibouti (Somalis).

-. TABLEAU N°1 .-

Insolation et Nébulosité à TUNIS:

	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Durée moyenne de l'insolation	5h07	5h52	6h22	9h27	10h03	11h14	12h38	11h37	9h04	7h21	6h08	5h03
Moyennes des maximums mensuels	9 32	10 25	10 58	12 41	13 37	13 53	13 54	13 18	12 12	10 36	10 05	9 19
Maximums absolus	9 50	10 45	11 20	13 05	13 55	14 05	14 10	13 35	12 50	11 09	10 30	9 40
Moyennes des minimums mensuels	0 02	0 08	0 11	1 00	1 31	2 43	7 01	6 41	1 02	0 32	0 11	0 04
Nombre de jours sans soleil	18	13	17	2	4	0	0	0	3	8	10	15
Durée moyenne du jour solaire	9h52	10h48	11h54	13h06	14h02	14h36	14h22	13h32	12h28	11h13	10h12	9h39
Ecarts avec les moyennes des maximums	0 20	0 23	0 56	0 25	0 25	0 43	0 28	0 14	0 16	0 37	0 07	0 20
Fractions d'insolation	0 52	0 54	0 54	0 72	0 71	0 77	0 88	0 86	0 73	0 66	0 60	0 52
Nébulosité moyenne	3 97	6 01	6 05	4 79	4 17	3 19	1 33	1 82	3 78	5 02	5 25	5 79
Fractions d'insolation déduites de la nébulosité moyenne	0 41	0 40	0 40	0 53	0 59	0 68	0 87	0 81	0 62	0 50	0 48	0 42

-. TABLEAU N° 2.-

Insolation à KAIROUAN :

	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Durée moyenne de l'insolation	7h10	7h27	7h43	9h47	10h49	11h37	12h52	11h42	9h37	8h19	7h18	6h56
Moyennes des maximums mensuels	9 49	10 40	11 15	12 59	13 40	13 52	13 51	13 12	12 15	10 45	10 14	9 49
Maximums absolus	10 10	11 02	12 10	13 11	13 58	14 07	14 00	13 31	12 30	10 55	10 45	9 55
Moyennes des minimums mensuels	0 45	0 40	0 27	2 12	3 15	3 39	9 12	8 08	3 21	1 37	0 50	0 38
Nombre de jours sans soleil	10	4	13	3	2	1	0	0	0	4	11	6
Durée moyenne du jour solaire	10h02	10h50	11h56	13h00	13h52	14h25	14h12	13h26	12h22	11h17	10h20	9h49
Ecarts avec les moyennes des maximums	0 15	0 10	0 41	0 01	0 12	0 33	0 21	0 14	0 07	0 34	0 06	0 00
Fractions d'insolation	0 72	0 69	0 65	0 75	0 78	0 80	0 91	0 87	0 78	0 74	0 71	0 71

-.TABLEAU N° 3.-

Insolation à SFAX :

	Janv.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Durée moyenne de l'insolation	6h57	7h17	7h36	9h38	10h31	11h21	12h24	11h34	9h27	7h55	6h58	6h22
Moyennes des maximums mensuels	9 52	10 45	11 28	12 43	13 28	13 51	13 48	13 00	12 04	10 49	10 13	9 30
Maximums absolus	10 05	11 00	11 45	13 00	13 44	14 01	13 55	13 10	12 19	11 10	10 35	9 45
Moyennes des minimums mensuels	0 34	0 25	0 27	1 41	2 52	3 33	7 36	7 19	2 48	1 37	0 17	0 40
Nombre de jours sans soleil	9	10	15	3	1	0	0	0	1	5	14	12
Durée moyenne du jour solaire	9h58	10h48	11h54	13h02	13h54	14h30	14h16	13h28	12h24	11h15	10h16	9h43
Ecarts avec les moyennes des maximums	0 06	0 03	0 26	0 19	0 26	0 39	0 28	0 28	0 20	0 26	0 03	0 15
Fractions d'insolation	0 70	0 67	0 64	0 74	0 76	0 78	0 87	0 86	0 76	0 70	0 68	0 65

Tableau N° 1 :

Pourcentage des Observations chiffrées de 0 à 5, pour les différentes heures et différents mois.

	Janvier					Février					Mars					Avril					Mai					Juin				
	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h
0	20	32	29	29	8	33	37	40	39	11	15	23	32	35	8	10	23	29	32	2	15	21	24	34	7	8	15	18	18	7
1	32	31	32	31	11	28	28	25	24	12	27	23	26	11	16	25	23	22	16	18	23	27	31	14	21	23	22	28	22	23
2	27	26	16	16	52	21	21	13	7	40	19	20	15	10	32	28	21	23	22	47	26	23	13	18	32	22	21	6	12	25
3	11	2	15	26	21	5	9	16	25	26	15	13	18	26	26	12	12	8	18	15	15	11	18	18	18	20	8	23	25	20
4	4	3	5	5	0	9	0	4	0	4	5	8	3	3	0	13	8	7	5	5	8	8	8	5	7	12	17	7	8	15
5	6	6	3	3	8	4	5	2	5	7	19	13	6	15	18	12	13	13	7	13	13	10	6	11	15	15	17	18	15	10

	Juillet					Août					Septembre					Octobre					Novembre					Décembre				
	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h	7h	9h	12h	14h	17h
0	3	10	11	11	6	21	21	16	23	23	35	26	35	40	33	39	39	61	69	52	33	37	58	48	18	26	35	39	34	3
1	29	32	35	35	34	29	27	39	29	24	18	35	25	23	28	20	35	25	15	26	19	29	20	18	18	26	26	18	21	16
2	28	24	13	15	18	22	22	16	23	26	15	13	13	13	17	16	15	4	4	15	25	17	5	11	37	25	25	17	16	37
3	21	18	23	19	31	3	11	18	16	19	2	8	10	12	8	15	5	6	10	5	15	11	12	18	22	10	8	15	31	32
4	6	8	5	5	5	13	11	6	3	3	25	8	7	2	7	5	3	3	2	2	5	3	2	3	2	8	3	10	5	2
5	13	8	13	15	6	10	8	5	6	5	3	10	10	10	7	2	3	0	0	0	3	3	3	2	3	5	3	2	3	10

Tableau N°2.

Pourcentage à chaque heure, des Observations groupées :

A=Conditions favorables, B=Conditions défavorables, pour l'ensemble : TAMATAVE+CRÊTES

GROUPE A :

	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D
7h	52	61	42	35	38	31	32	50	53	62	52	52
9h	63	65	46	46	48	37	42	48	61	74	66	61
12h	61	65	58	49	55	46	46	55	60	87	78	55
14h	50	63	46	48	48	40	46	52	63	84	66	45
17h	19	23	24	30	28	30	40	47	61	78	36	19

GROUPE B :

	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D
7h	48	39	58	65	62	69	68	50	47	38	48	48
9h	37	35	54	54	52	63	58	52	39	26	34	39
12h	39	35	42	51	45	54	54	45	40	13	22	45
14h	50	37	54	52	52	60	54	48	37	16	34	55
17h	81	77	76	80	72	70	60	53	39	22	64	81

Tableau N° 3 .-

Pourcentage des Groupes A et B pour chaque mois,

les différentes heures du jour étant réunies.

	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D	Année
A(0 à 1)	49	55	43	40	43	37	41	50	60	77	60	46	-50%
B(2,3,4,5)	51	45	57	60	57	63	59	50	40	23	40	54	-50%

Tableau N° 4.-

Pourcentage des Groupes A et B pour chaque heure,

les différents mois étant réunis.

	7h	9h	12h	14h	17h
A (0 à 1)	47	55	60	54	35
B(2,3,4,5)	53	45	40	46	65

Tableau N° 5 .

Pourcentage, à chaque heure, des observations pour TAMATAVE seulement groupées :

C - Conditions favorables (0,1,2,3) et D - Conditions défavorables (4 et 5)

Groupe C

	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D
7h	90	87	76	75	79	73	81	75	70	93	92	87
9h	91	93	79	79	82	66	84	81	82	94	94	94
12h	93	94	91	80	86	75	82	89	83	97	95	88
14h	92	85	82	88	84	77	80	91	88	98	95	92
17h	92	89	82	82	78	75	89	92	86	98	95	88

Groupe D

	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D
7h	10	13	24	25	21	27	19	25	30	7	8	13
9h	9	5	21	21	18	34	16	19	18	6	6	6
12h	8	6	9	20	14	25	18	11	17	3	5	12
14h	8	5	18	12	16	23	20	9	12	2	5	8
17h	8	11	18	18	22	25	11	8	14	2	5	12

Tableau N°6

Pourcentage des Groupes C et D pour chaque mois,

les différentes heures étant réunies.

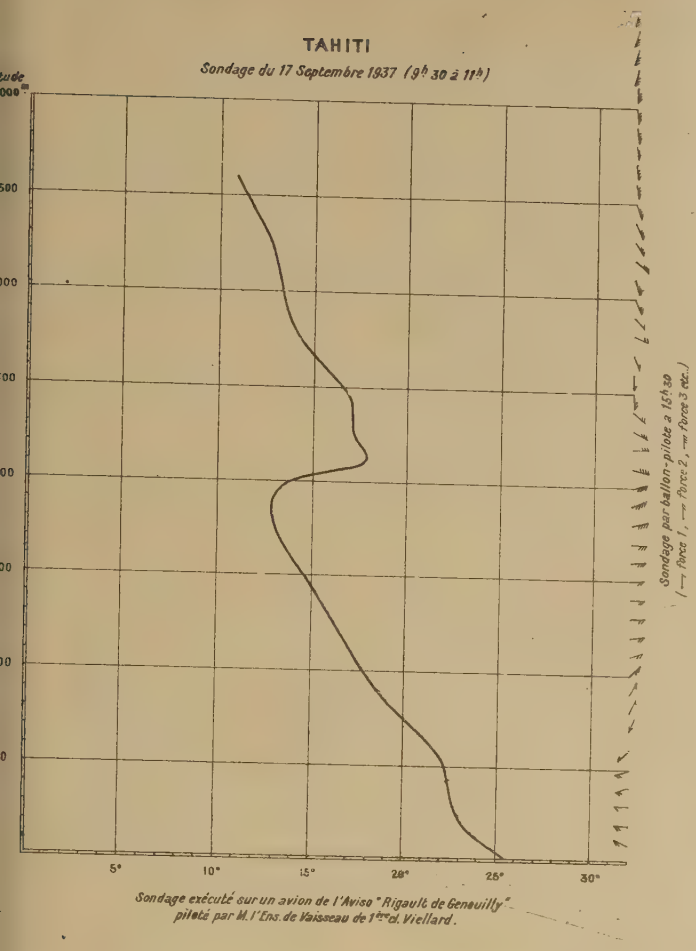
	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	N	D	Année
C(0,1,2,3)	91	92	82	81	82	73	83	86	82	96	94	90	86%
D(4,5)	9	8	18	19	18	27	17	14	18	4	6	10	14%

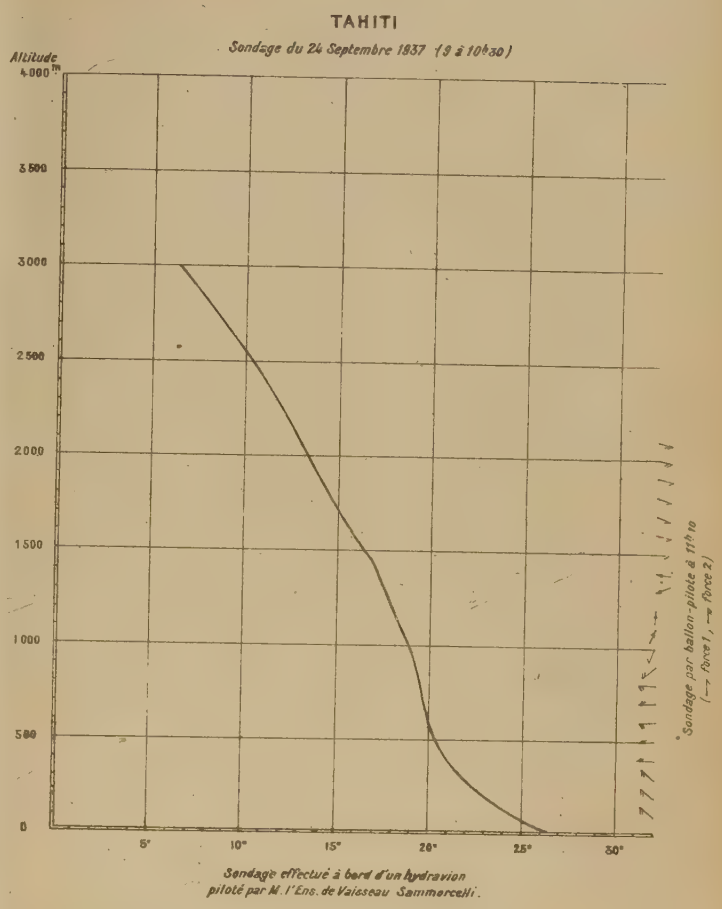
Tableau N° 7 :

Pourcentage des Groupes C et D pour chaque heure

les différentes mois étant réunis

	7h	9h	12h	14h	17h	Ensemble
C	19	13	12	12	13	14%
D	81	85	88	88	87	86%





J.GIOVANNELLI.- SONDAGES AEROLOGIQUES EN OCEANIE

J. GIOVANNELLI.- Sondages aérologiques en Océanie

TABLEAU N° I.- Direction générale et limites des zones des différents courants aériens en 1937.

Mois	Courants ascendants d'origine orographique	Alizé	Zone de transition. Vents variables faibles	Contre-Alizé
Jan.	De 0 à 800 m;	De 1000 à 3000 vents de NE à E De 3000 à 8000 vents de NE à SE De 8000 à 10.000 vents de E à SE	Pas observée	Pas observé
Fév.	On a observé à toutes altitudes des courants variables assez forts sans qu'on ait pu leur attribuer des limites bien définies. On a remarqué toutefois, qu'il y avait prédominance des vents du secteur Nord-Est à Sud-Est jusqu'à 10.000 mètres, avec des filets d'air instables et irréguliers venant d'Ouest à partir de 8.000 mètres.			
Mars	De 0 à 600 m;	Secteur NE à E jusqu'à 3000 m;	De 3.000 à 7.000 m ;	Secteur W à NW de 7500 à 10.000 m.
Avr.	De 0 à 500 m;	Secteur NE à E jusqu'à 3.000 m;	De 3.500 à 6.500 m;	Secteur SW à S de 7.500 à 10.000m.
Mai	De 0 à 500 m;	Secteur NE à E jusqu'à 2.000 m;	De 2.500 à 3.500 m ;	Secteur W à SW de 5.000 a 10.000 m.
Juin	De 0 à 500 m;	Secteur NNE à E jusqu'a 2.000 m et ENE à SE de 2.000 a 2.500m;	de 2.500 à 3.500	Secteur W à SW de 4.000 a 5.000 m; SW jusqu'à 7.000m; et W jusqu'à 10.000
Jui.	De 0 à 800 m;	Secteur NE à E jusqu'à 3.500m;	De 4.000 à 6.000 m;	Secteur W à SW de 7.000 à 10.000 m; (SW prédominant)
Août	De 0 à 1.000m;	Secteur NE à SE de 1.500 à 2.500 m;	de 2.500 à 5000 vents variables forts, compris entre 8 et12m/s	Courants d'W de 6.000 à 10.000m;
Sep;	De 0 à 1.000m;	Secteur NE à S de 1.500 à 3000m (E prédominant)	de 3.000 à 5.500 m;	Secteur SSE à WSW de 6.000 à 10.000m; (SW prédominant)
Oct.	De 0 à 1.000m;	Secteur NE à SE de 1.000 à 2.500 m;	de 3.000 à 5.000 m;	Secteur SW à NW de 6.000 à 10.000 m; (W prédominant)
Nov.	Vents variables jusqu'à 3.500m mais directions NE et E prédominantes.		De 3.500 à 6.500 m;	Secteur NW à SW de 6.500 à 10.000 m; (NW prédominant)
Déc.	De 0 à 800 m; la	Secteur NE à E jusqu'à 3.000 m; de 3.000 à 10.000m; la direction NE est prédominante, mais on observe des filets d'air instables venant d'Ouest à partir de 7.500 m.		

TABLEAU II

POURCENTAGE ANNUEL DES DIRECTIONS DU VENT OBSERVEES DE 1934 A 1937 A DIVERSES ALTITUDES.

Altitude	Année	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
500m	1934	6	19	35	1	7	8	18	6	100
	1935	9	25	39	1	3	6	13	4	100
	1936	4	42	13	2	2	16	9	12	100
	1937	7	42	16	4	4	13	10	4	100
1.000m	1934	9	13	52	3	7	1	13	2	100
	1935	14	23	47	3	5	5	3	0	100
	1936	3	37	28	7	4	10	4	7	100
	1937	9	37	33	4	3	5	6	3	100
1.500m	1934	15	17	36	5	9	5	9	4	100
	1935	14	20	41	4	6	4	7	4	100
	1936	3	33	28	12	4	6	2	12	100
	1937	6	39	33	5	4	2	7	4	100
2.000m	1934	18	15	31	7	10	4	10	5	100
	1935	11	14	43	4	7	0	14	7	100
	1936	3	33	26	9	1	8	7	13	100
	1937	7	38	26	10	4	3	5	7	100
2.500m	1934	16	13	28	13	7	10	8	5	100
	1935	16	16	36	6	5	5	10	6	100
	1936	3	28	28	9	4	10	5	13	100
	1937	12	30	23	8	9	4	5	9	100
3.000m	1934	16	10	26	9	9	12	12	6	100
	1935	26	12	25	8	6	6	14	3	100
	1936	3	25	23	16	2	12	5	14	100
	1937	9	29	20	9	9	5	8	11	100
3.500m	1934	9	9	17	13	14	13	14	11	100
	1935	21	12	28	6	8	10	6	9	100
	1936	3	28	29	10	2	10	10	8	100
	1937	10	22	14	13	12	5	10	14	100
4.000m	1934	13	10	16	7	20	8	21	5	100
	1935	18	8	30	7	7	10	18	2	100
	1936	3	24	25	16	3	13	8	8	100
	1937	8	17	13	10	1 4	7	15	16	100
5.000m	1934	13	7	13	6	15	10	30	6	100
	1935	7	10	24	4	5	8	31	11	100
	1936	0	16	23	11	5	21	12	12	100
	1937	17	13	14	7	10	8	16	15	100
6.000m	1934	13	5	8	3	17	14	37	3	100
	1935	14	9	16	2	12	11	29	7	100
	1936	6	10	11	12	6	23	14	18	100
	1937	7	12	12	6	9	22	18	14	100
7.000m	1934	6	0	7	0	14	13	54	6	100
	1935	2	2	10	5	12	15	47	7	100
	1936	4	1	6	16	2	31	8	32	100
	1937	8	11	10	6	9	18	23	15	100
8.000m	1934	2	2	6	2	10	17	33	8	100
	1935	6	0	11	3	14	17	38	11	100
	1936	7	2	3	10	2	36	21	19	100
	1937	10	9	10	3	12	20	25	11	100
9.000m	1934	2	0	0	7	2	21	63	5	100
	1935	7	3	14	0	17	10	42	7	100
	1936	4	2	5	9	7	34	25	14	100
	1937	6	10	4	5	16	15	32	12	100
10.000m	1934	0	3	6	0	6	9	67	9	100
	1935	10	5	15	0	10	15	40	5	100
	1936	0	6	3	14	3	48	17	9	100
	1937	5	8	10	0	15	15	30	17	100

TABLEAU III

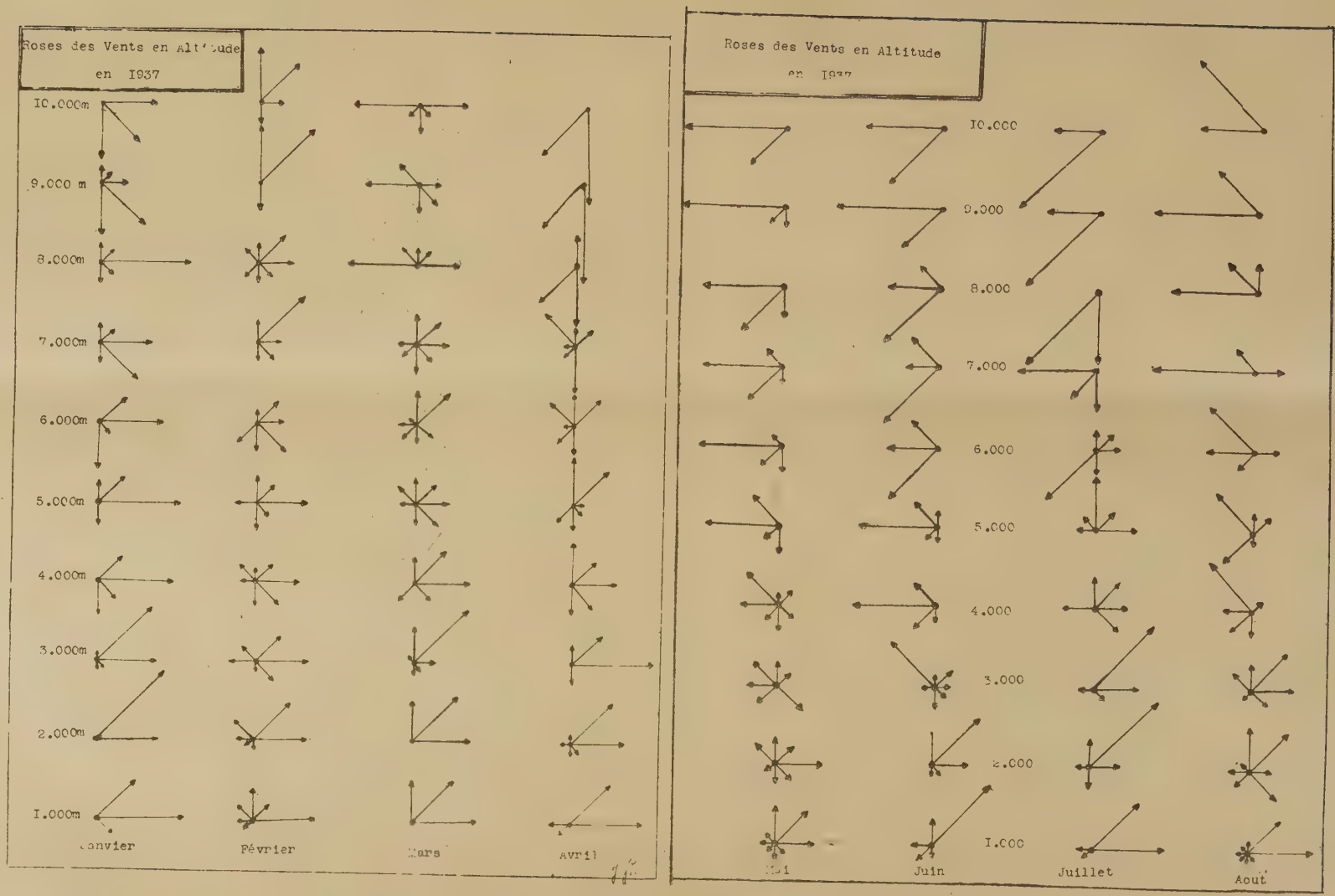
MOYENNES DES POURCENTAGES DES DIRECTIONS DU VENT EN ALTITUDE D'APRES LES OBSERVATIONS DE 1934 A 1937.

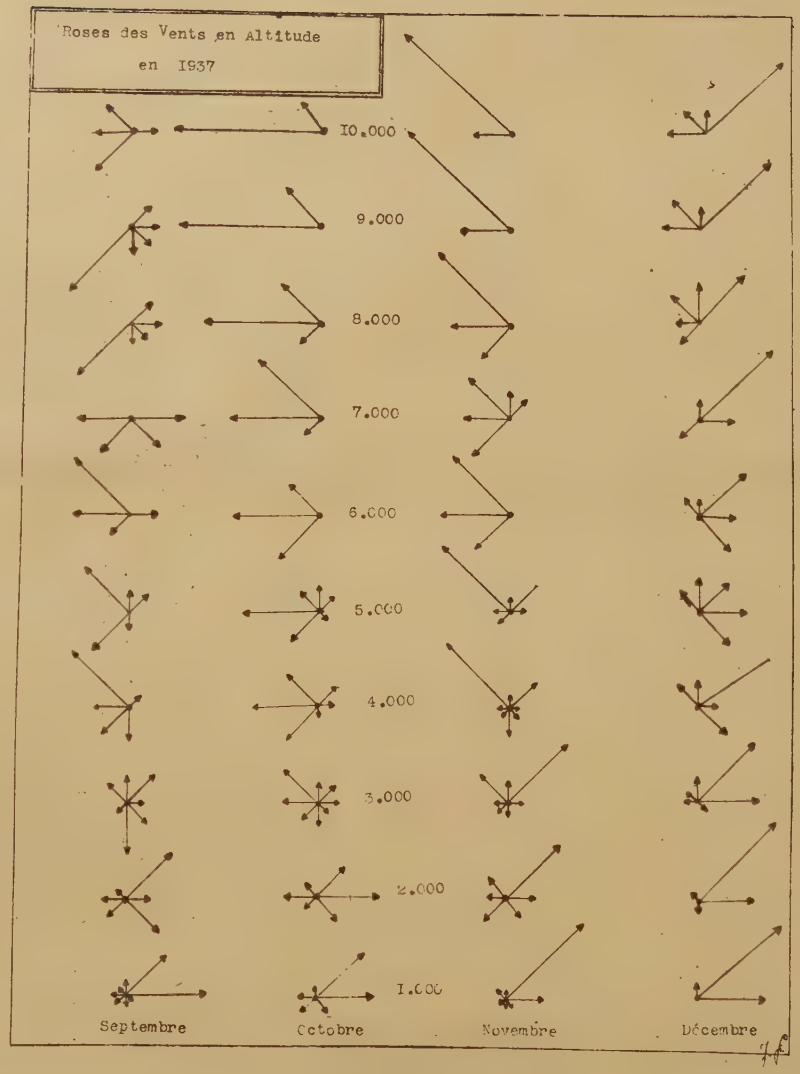
Altitudes	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
500 m	6.5	32.0	25.8	2.0	4.0	10.7	12.5	6.5	100
1.000 m	8.7	27.5	40.0	4.3	4.7	5.3	6.5	3.0	100
1.500m	9.5	27.3	34.5	6.5	5.7	4.2	6.3	6.0	100
2.000 m	9.8	25.0	31.5	7.5	5.5	3.7	9.0	8.0	100
2.500 m	11.8	21.7	28.8	9.0	6.3	7.2	7.0	8.2	100
3.000 m	13.5	19.0	23.5	10.5	6.5	8.8	9.7	8.5	100
3.500 m	10.8	17.7	22.0	10.5	9.0	9.5	10.0	10.5	100
4.000 m	10.5	14.7	21.0	10.0	11.0	9.5	15.5	7.8	100
5.000 m	9.3	11.5	18.5	7.0	8.7	11.8	22.2	11.0	100
6.000 m	10.0	9.0	11.8	5.7	11.0	17.5	24.5	10.5	100
7.000 m	5.0	3.5	8,2	6.8	9.3	19.2	33.0	15.0	100
8.000 m	6.3	3.2	7.5	4.5	9.5	22.5	34.3	12.2	100
9.000 m	4.7	3.8	5.7	5.3	10.5	20.0	40.5	9.5	100
10.000 m	3.8	5.5	8.5	3.5	8.5	21.7	38.5	10.0	100

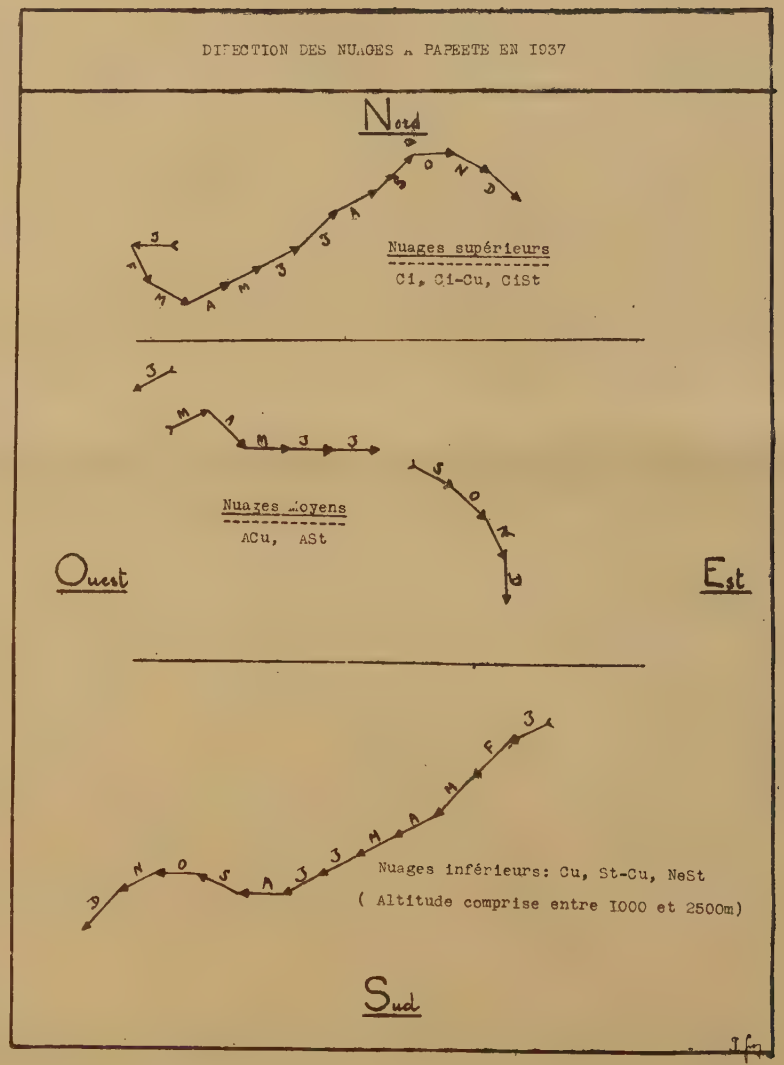
TABLEAU IV

DIRECTION GENERALE DES NUAGES A PAPEETE EN 1937.

Mois	NUAGES SUPERIEURS Ci, Ci-Cu, Ci-St	NUAGES MOYENS Acu Ast	NUAGES INFERIEURS Cu, St-Cu, Nb-St
J.	E	ENE	ENE
F.	NNW	"	NE
M.	WNW	WSW	NE
A.	WSW	NW	ENE
M.	WSW	W	ENE
J.	WSW	W	ENE
J.	SW	W	ENE
A.	WSW	"	E
S.	SW	WNW	ESE
O.	W	NW	E
N.	WNW	NNW	ENE
D.	NNW	N	NE

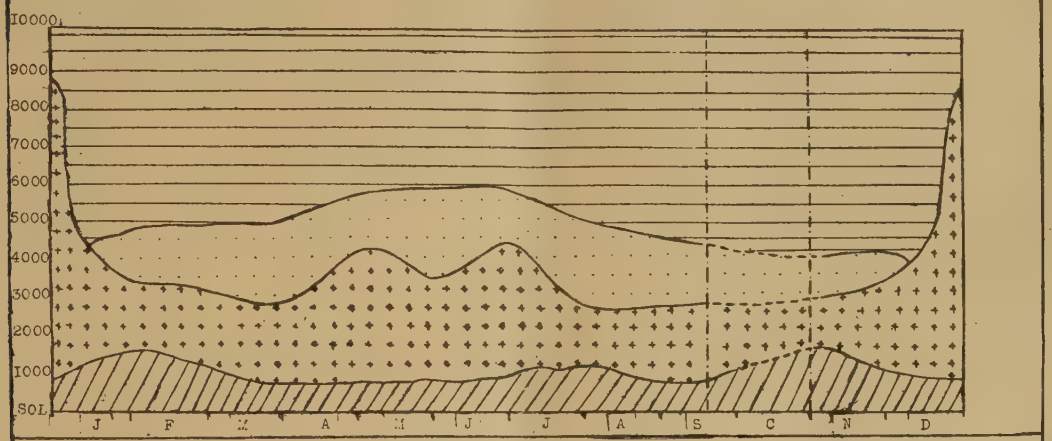

Roses des Vents en Altitude
en 1937
10.000m
9.000 m
8.000m
7.000m
6.000m
5.000m
4.000m
3.000m
2.000m
1.000m
Janvier
Février
Mars
Avril
Roses des Vents en Altitude
en 1937
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
Mai
Juin
Juillet
Aout


Roses des Vents en Altitude
en 1937
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
Septembre
Octobre
Novembre
Décembre


DIRECTION DES NUAGES A PAPEETE EN 1937
Nord
Nuages supérieurs
Ci, Ci-Cu, CiSt
Nuages Moyens
ACu, ASt
Ouest
Est
Nuages inférieurs: Cu, St-Cu, NeSt
(Altitude comprise entre 1000 et 2500m)
Sud

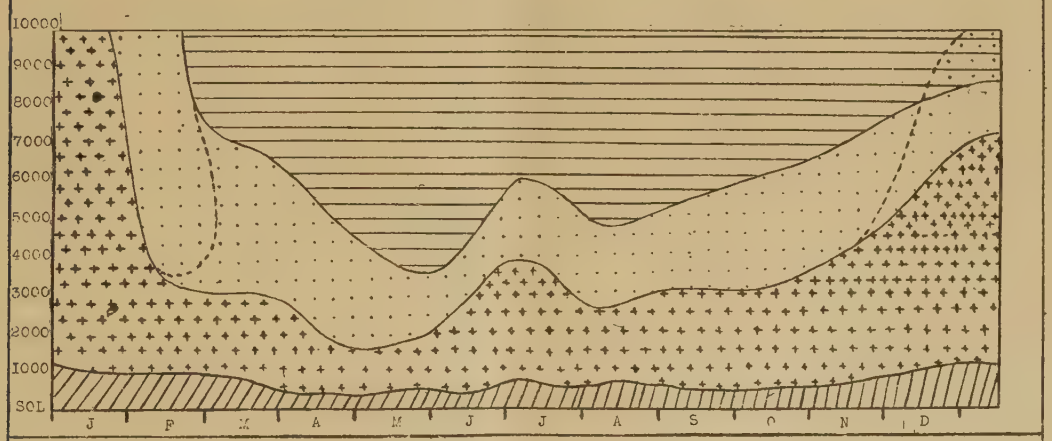
5.

ZONES des COURANTS AERIENS en 1936 à PAPEETE



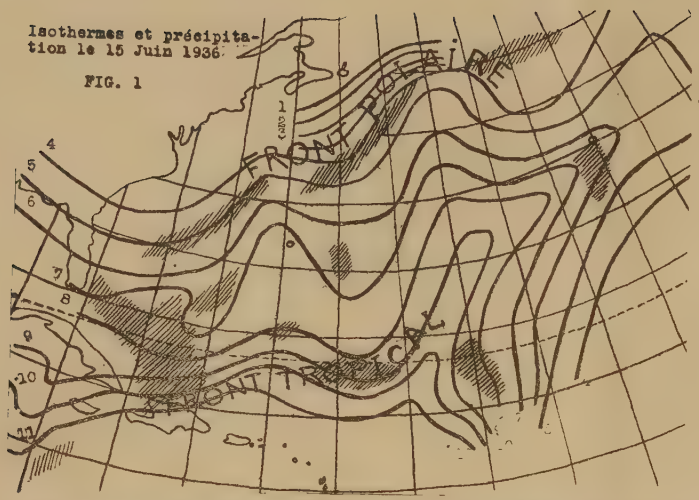
6.

ZONES des COURANTS AERIENS en 1937 à PAPEETE.



Isothermes et précipitation le 15 Juin 1936.

FIG. 1



Coupe du champ de temperature le long du 60° Méridien le 15 Avril 1936:

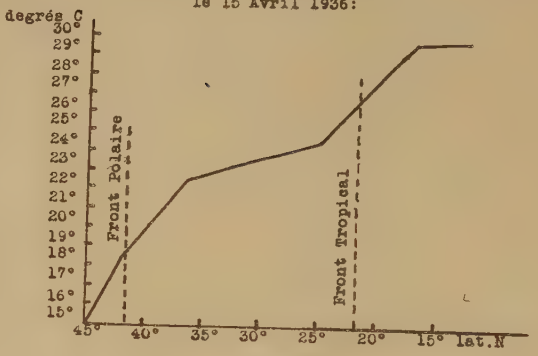


FIG. 2

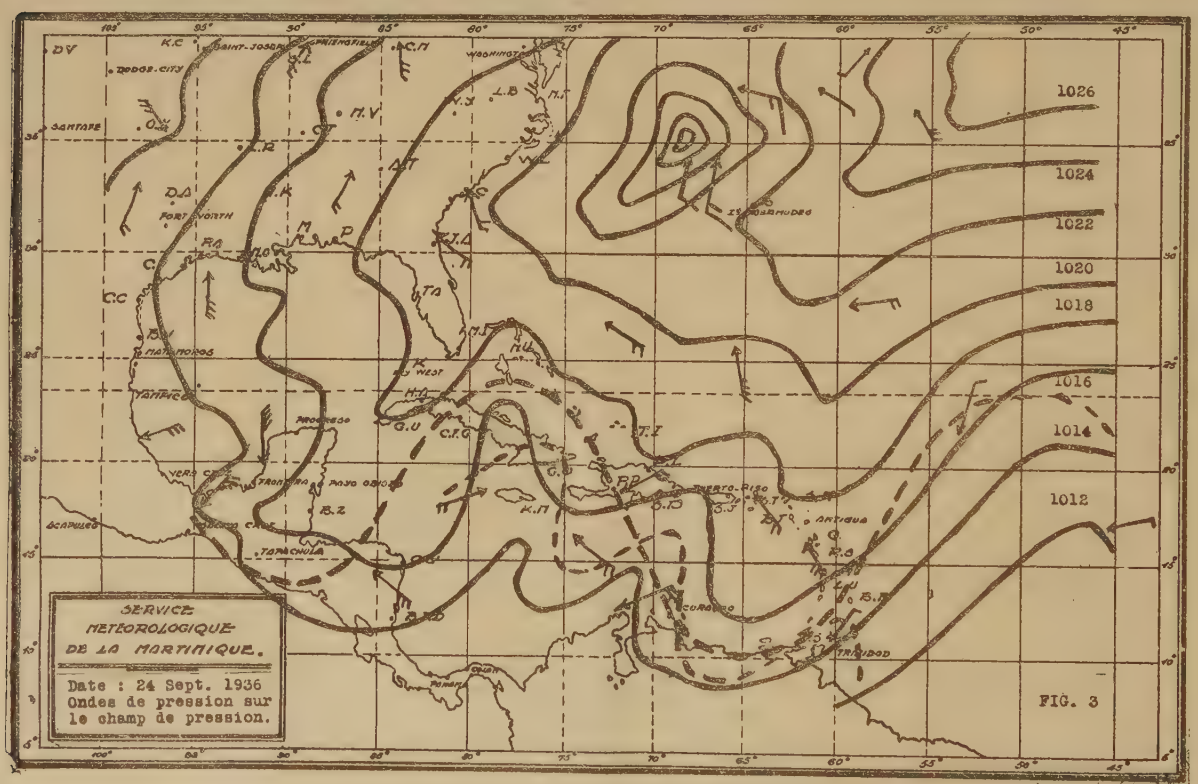


FIG. 3

Représentation isallobarique d'un train de noyau

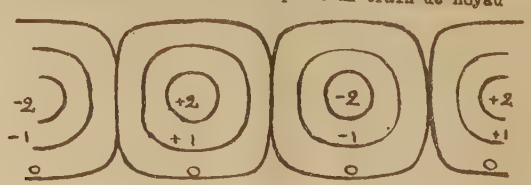


FIG. 4

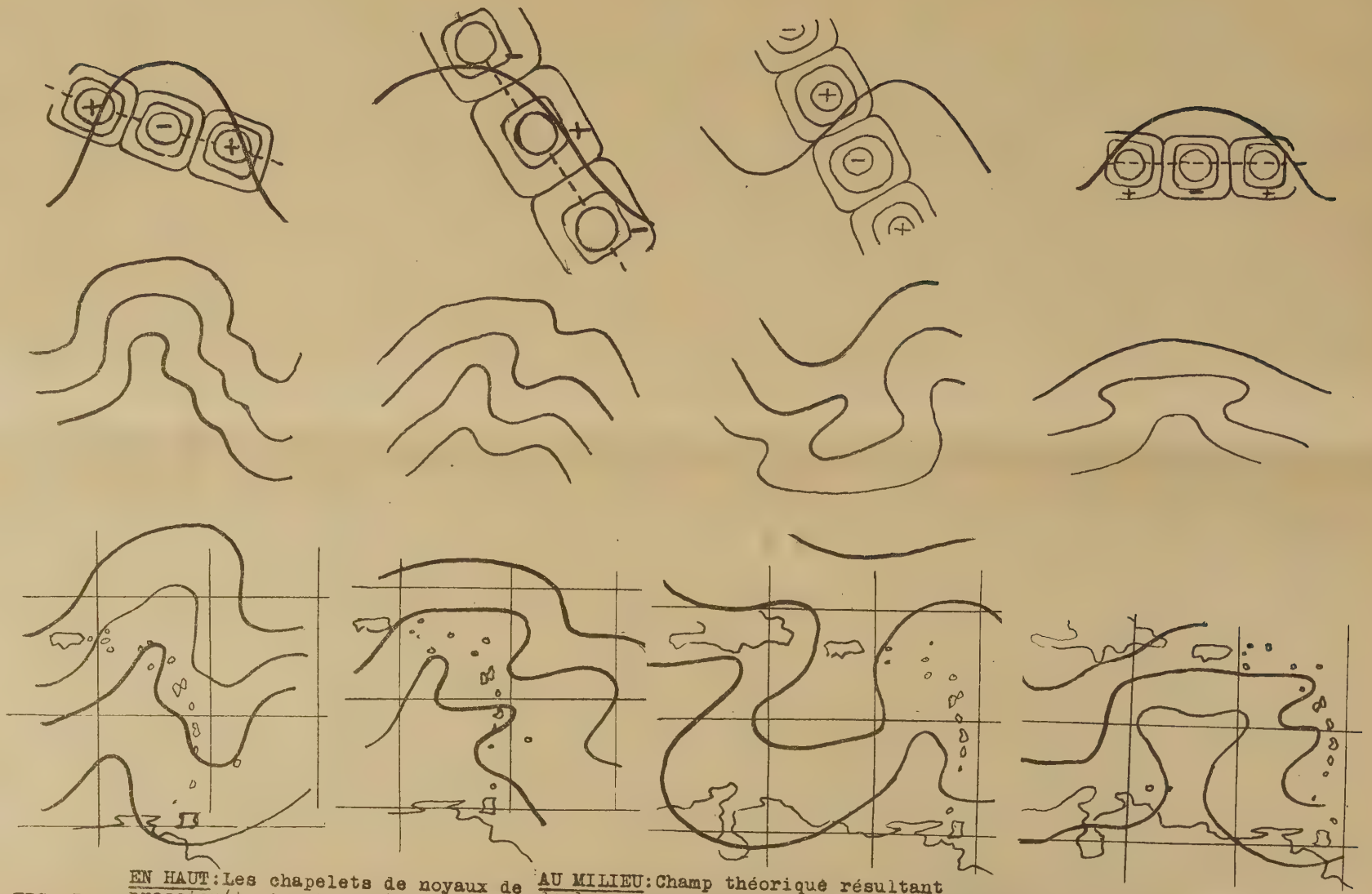


FIG. 5 EN HAUT: Les chapelets de noyaux de pression (trains d'onde) sur un champ sinusoïdal. AU MILIEU: Champ théorique résultant de la superposition du champ sinusoïdal à des chapelets de noyaux. EN BAS: Structures du champ réellement observées.

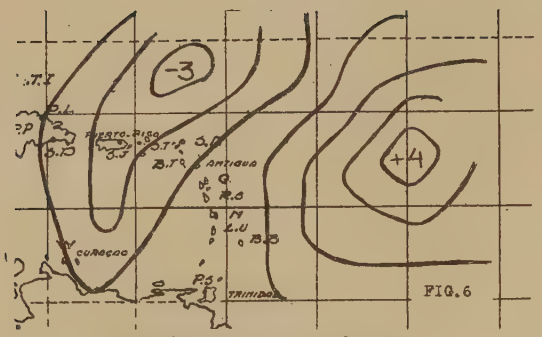


FIG.6

Isallobares 18-19 Septembre 1936

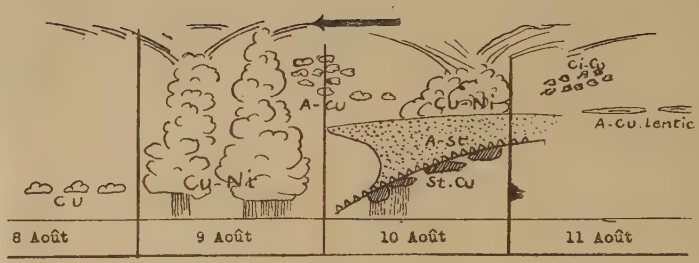
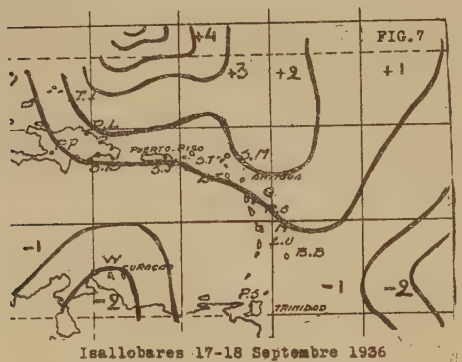


FIG.10

Successions nuageuses du 8 au 11 Août 1936



Isallobares 17-18 Septembre 1936

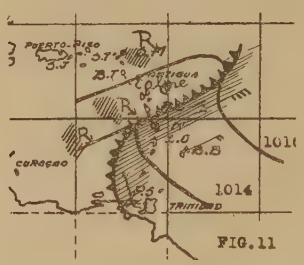


FIG.11

10 Août 1936

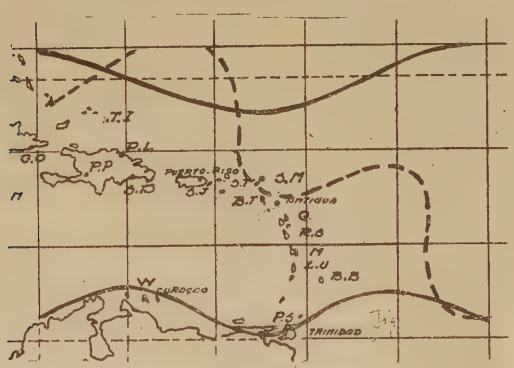
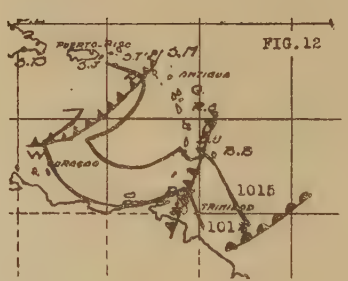


FIG.8

Ondes de Pression le 18 Sept.1936



Successions frontales

20-21 Juillet 1936.

Variations du Baromètre en 24 et 48 Heures.

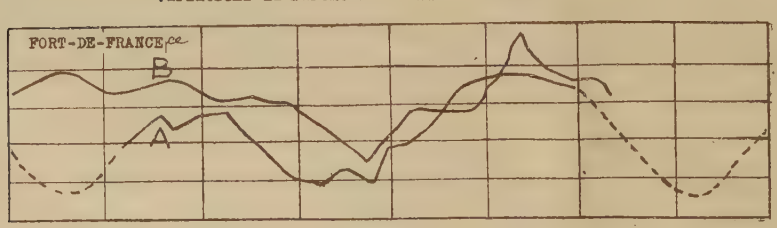
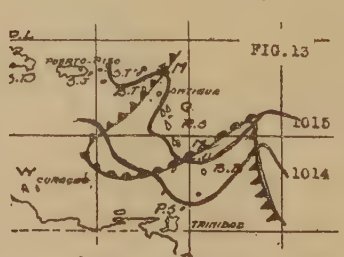
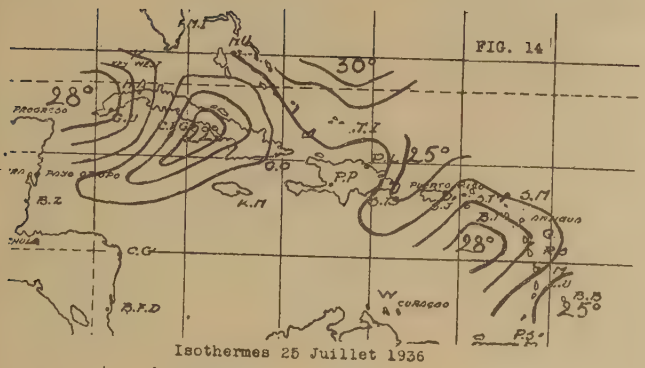


FIG.9

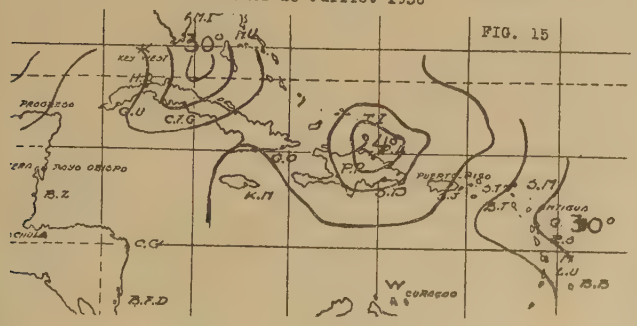


Successions frontales

20-21 Juillet 1936.

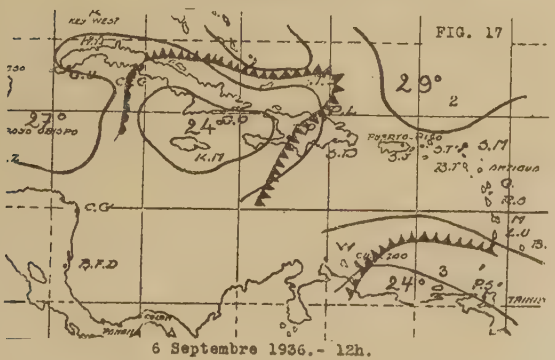


Isothermes 25 Juillet 1936

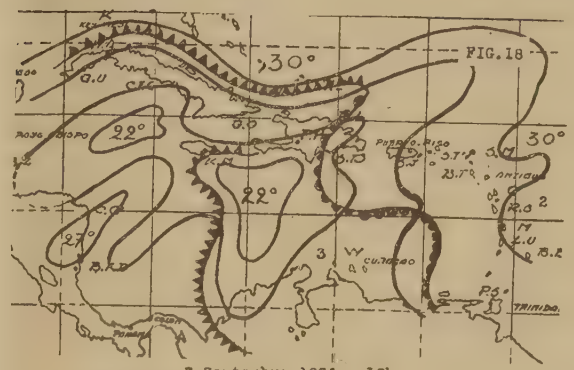


Isothermes 26 Juillet 1936

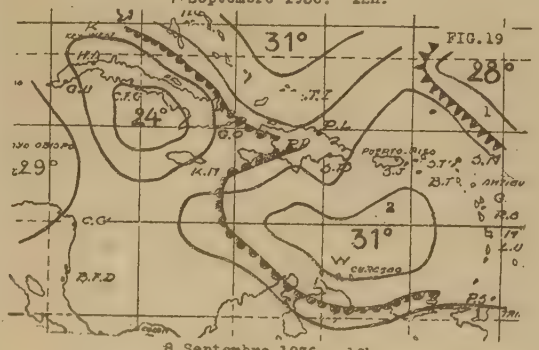
5 Septembre 1936. 12h.



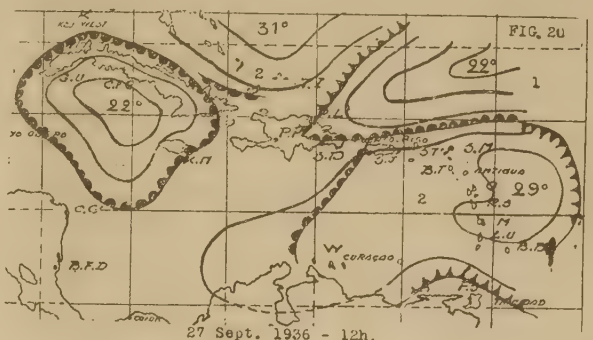
6 Septembre 1936.- 12h.



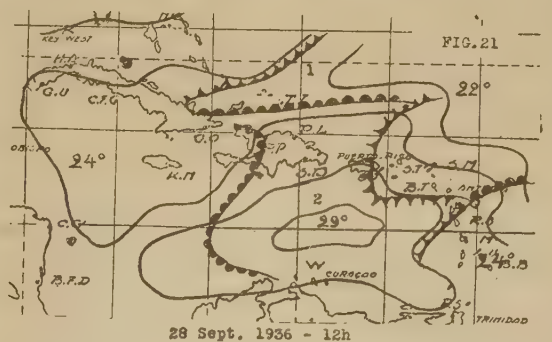
7 Septembre 1936. 12h.



8 Septembre 1936. 12h.



27 Sept. 1936 - 12h.



28 Sept. 1936 - 12h

1.- Air subtropical maritime. 2.- Air équatorial maritime. 3.- Air équatorial continental.

65°
60°
15°
10°
500
1000
1500
2000
2500
3000
29 Décembre
28 Mai
13 Avril
4 Décembre
5 Mars
6 Novembre
31 Décembre
8 Juin
12 Août
31 Août
15 Mai
25 Octobre
Les profondeurs sont données en brasses
+ : ressenti à la Martinique

La frontologie aux Antilles

I. — Les masses d'air

La prévision du temps aux Antilles est liée à la connaissance des propriétés physiques et des déplacements des masses d'air observées. Les bases de la météorologie de ces régions apparaissent ainsi, au premier abord, identiques à celles de la météorologie des pays tempérés. Cependant l'application brutale aux îles de l'Amérique Centrale des règles établies pour la zone plus septentrionale ne conduit pas à des résultats satisfaisants. Il semble ainsi que si l'on veut aborder avec fruit la prévision du temps dans les parages de la Martinique, il convient de réviser d'abord certaines idées généralement admises relativement à la circulation atmosphérique.

La présente note a été rédigée dans ce but. Avant d'entreprendre l'exposé des faits constatés et des conceptions qui s'en dégagent, il convient de rappeler certaines définitions et de préciser le sens des termes nouveaux adoptés.

Comme il est naturel de le penser, si les masses d'air observées aux Antilles ont des caractères différents, ceux-ci dépendent à la fois de l'origine de ces masses et de la durée de leur séjour dans des régions présentant des conditions climatiques particulières. Les caractères physiques peuvent être acquis soit au cours d'une circulation quasi-fermée à l'intérieur d'une formation plus ou moins permanente du champ de pression (anticyclone de l'Atlantique Nord, par exemple), soit à la suite d'un passage au-dessus d'une région climatique nettement tranchée (océan, désert, forêt, etc.). Au cours de cette étude, le terme *réservoir* désignera les régions qui impriment aux masses d'air leurs caractères spécifiques. Certains de ces réservoirs sont des *centres d'action*, où le champ de pression est organisé de façon à provoquer des mouvements d'air, soit en le repoussant (anticyclones), soit en l'attirant (dépressions). Dans la région des Antilles, les masses d'air obéissent à l'anticyclone de l'Atlantique nord, qui est le centre d'action principal de la région.

Si les réservoirs étaient stables dans l'espace et si la circulation de l'air y était complètement fermée, il n'y aurait pas de masses aériennes différenciées en mouvement. En réalité, tout d'abord, les centres d'action se déplacent en entier en entraînant dans ce mouvement l'air qui compose le réservoir dans des régions où il entre en contact avec des conditions nouvelles de la surface terrestre.

D'autre part, des portions plus ou moins importantes d'air du réservoir se détachent et sont entraînées dans des régions occupées précédemment par de l'air ayant d'autres caractères physiques.

Les masses d'air en voyage abandonnent plus ou moins rapidement leurs caractères d'origine (refroidissements, réchauffements, humidifications, variations de la charge solide, etc.) ; suivant leur état de dégénérescence elles sont anciennes ou récentes.

Les masses d'air qu'on peut distinguer aux Antilles sont :

1° Air humide et frais (température 27° ; humidité, 60 à 70 % ; visibilité supérieure à 40 kil.). Il provient du réservoir constitué par l'anticyclone de l'Atlantique nord. Il sera désigné comme *Air subtropical maritime* (1).

2° *Air équatorial maritime*, humide, chaud et limpide (température, 30° ; humidité, 75-80% ; visibilité supérieure à 40 kil.). Il provient de la région intertropicale et plus particulièrement du réservoir des calmes équatoriaux de l'Atlantique.

3° *Air équatorial continental*, frais et sec en été ; moins frais, mais également sec en hiver (t° 27 à 30° ; humidité, 45-55% ; visibilité inférieure à 20 kil.). Semble originaire de l'hémisphère sud et traverse avant d'arriver aux Antilles le désert du Vénézuéla.

Ces trois espèces d'air sont celles qu'on reconnait le plus souvent dans la région des Petites Antilles. Les cinq suivantes se rencontrent à l'Ouest de cette région : sur la mer des Antilles et sur la partie attenante de l'Atlantique.

4° *Air de la mer des Antilles*. Même caractères que ceux de l'air équatorial maritime, mais acquis sur place dans la mer des Antilles à la suite d'une situation atmosphérique ne comportant pas de gradient sur cette région.

---

(1) Si cet air a la même origine que l'air tropical maritime qu'on distingue dans la météorologie du front polaire, il a toutefois une direction opposée Il est communément désigné sous le nom d'*alizé* (*alizé septentrional maritime*) (N. D. L. R).

5° *Air continental subtropical*, provenant de l'Amérique du Nord, observé souvent au Nord de Cuba. Sec et chaud en été. Frais et sec en hiver.

6° *Air polaire maritime*. Très exceptionnellement observé dans la région des Bahamas. Très frais (température, 20-23°), humide.

7° *Air du Pacifique*. Observé dans la mer des Antilles pendant la période des cyclones. Il se présente alors avec le caractère d'air frais et humide.

Suivant leur état d'ancienneté, ces espèces sont plus ou moins bien différenciées et en pratique ne constituent que des types auxquels on peut rattacher les masses d'air qui se présentent à l'observateur.

II. — Le front tropical et ses perturbations

Si l'on examine une carte météorologique de l'Atlantique, par exemple celle du 15 juin 1936 (fig. 1), on se rend compte que l'air marin subtropical est limité aussi bien dans le Nord que dans le Sud par des régions où le gradient de température est plus serré qu'ailleurs. La fig. 2 représente les variations de la température le long du méridien en travers de l'Atlantique. On désigne couramment sous le nom de front polaire la discontinuité septentrionale. La dénomination de *front tropical* est celle qui convient le mieux pour la discontinuité méridionale. (Voir, pour les figures, pp. 114-117).

Le front tropical n'apparaît jamais comme une ligne droite, même quand il n'est pas sensiblement perturbé, mais comme une ligne ondulée. L'ondulation, considérée au sol, est visible sur toutes les cartes synoptiques de la pression. La longueur d'onde est de l'ordre de 2000 à 3000 km. Elle paraît variable selon les dimensions de l'anticyclone de l'Atlantique.

On peut expliquer l'existence de cette onde par le voisinage de deux masses fluides de densité différente animées de vitesses également différentes (Helmholtz).

Une autre explication est basée sur les travaux de Bénard et de ses continuateurs Avsec, Luntz et Idrac. Bénard a réalisé artificiellement dans une cuve contenant un liquide chauffé par la base et refroidi à la surface libre, des tourbillons appelés tourbillons cellulaires thermo-convectifs. Ces mêmes tourbillons peuvent s'organiser en bandes (train d'ondes) si le liquide est en mouvement de translation.

Le principe de Bénard s'établit en considérant une partie du fluide à une température distincte de l'ensemble du fluide. On constate alors que l'équi libre thermique tend à se rétablir par une circulation de convection. On voit que les deux explications s'apparentent : la différence de température dans les expériences de Bénard correspond à une différence de densité. Le mouvement intervient dans les deux hypothèses. Il n'y a rien, d'ailleurs, de définitif dans ces explications ; actuellement des recherches théoriques se poursuivent, en Angleterre notamment, sur les propriétés élastiques de l'air. Pekeris a démontré récemment (*Proc. of Royal Society*) que l'oscillation semi-diurne de la pression pourrait être liée à la longueur d'onde propre de l'atmosphère.

Les ondes envisagées ici se propagent de l'Est vers l'Ouest avec une vitesse de l'ordre de 25 à 30 k/h. Cette propagation s'explique d'ailleurs en considérant que la vitesse des deux fluides (air marin subtropical et air marin équatorial) est dirigée vers l'Ouest. Il ressort de l'examen des températures et des pressions que l'oscillation a lieu dans les deux plans vertical et horizontal. Elle crée un champ de pressions qui sollicite les deux masses d'air : air marin anticyclonique et air marin chaud équatorial. Ces masses, animées de mouvements correspondants au champ en V, entrent en de nouveaux contacts sur la ligne moyenne du front tropical et, en vertu du même principe qui se manifeste sur ce front principal, des mouvements oscillants naissent sur les fractions sinueuses du front tropical. Il semble que le phénomène pourrait se poursuivre indéfiniment, mais en réalité il est arrêté par le mélange de l'air appartenant aux deux masses. Ce mélange ne s'effectue cependant pas très rapidement parce qu'en dehors des ondulations de deuxième ordre qu'on vient de décrire et qui ont en général de 400 à 500 kms de longueur d'onde, apparaissent sur nos cartes des ondulations beaucoup plus faibles : on en a observées qui ne dépassent pas 40 à 50 km. La carte de la fig. 3 donne un exemple parmi les très nombreux dont on dispose de ces ondes. On a indiqué en gros traits interrompus la position des principales ondulations. S'il s'agit réellement d'un mouvement oscillatoire, on pourrait essayer de reconstituer les cartes en déformant un champ par des noyaux de variation dérivés choisis à l'avance.

Nous avons procédé à ces essais dans les conditions suivantes : les ondes de grande longueur, dues au front tropical, sont tellement évidentes et permanentes (voir *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-mer* 1936, N° 15, p. 68) qu'il n'a pas semblé utile de chercher la forme des trains d'ondes perturbateurs. On est donc parti d'un champ sinusoïdal qu'on a modulé par des noyaux de diffé-

rentes formes et d'une amplitude de l'ordre de grandeur des variations qui apparaîssent habituellement sur les cartes, soit 4 mb. La forme des noyaux donnant les meilleures reconstitutions est celle d'une onde dont les coupes verticales suivant deux plans orthogonaux sont aussi des sinusoïdes, à condition toutefois que la ligne d'intersection de ces deux plans coïncide avec le sommet de l'angle. La représentation isallobarique d'un tel train de noyaux est celle de la fig. 4. Les résultats sont concluants ; quatre exemples sont représentés sur la fig. 5. Mieux, on a constaté que certaines directions de l'axe des trains de noyaux ne se trouvent jamais sur les cartes réelles, ces directions sont celles qui ne figurent pas dans la note consacrée aux cyclones de 1935 (*Ann. de Phys. du Gl. de la France d'outre-mer*, 1936).

S'il était possible d'isoler les noyaux par telle ou telle méthode isallobarique, la prévision des déformations du champ serait aisée. Malheureusement ceci est difficile sur une carte essentiellement maritime dont le réseau est formé par des navires qui se déplacent. On a essayé de parer à cette difficulté en utilisant pour le calcul d'une carte d'isallobares la pression interpolée d'une carte isobarique. L'expérience a démontré qu'il ne faut pas abuser de ce subterfuge et que, tout au plus, on pouvait utiliser un point par 25° carrés terrestres. Si l'on resserre davantage ce réseau fictif, l'imprécision de l'interpolation de la carte des isobares conduit à des conclusions fantaisistes. Or, ce réseau, dans la région Antillaise, correspond à une station pour 500 km. Les petits noyaux échappent donc totalement à ce procédé. Les fig. 6 et 7 représentent néanmoins les résultats obtenus : sur les deux cartes du 17 au 18 et du 18 au 19 septembre, on constate qu'il y a plusieurs trains d'ondes qui interfèrent. Entre le 10° et le 15° Nord, il existe une circulation zonale de noyaux. D'autre part, un train est dirigé SE-NW, il est surtout dénoncé par la forme des noyaux. On peut aussi trouver une explication des interférences en dessinant la position des différentes ondes, comme ceci a été fait sur la figure B obtenue en faisant des coupes sur la carte de la fig. 6, mais, en pratique, ce procédé s'est montré peu utile pour la prévision des déformations du champ et il n'y a avantage à y recourir que lorsqu'il est absolument impossible de diagnostiquer une situation par l'examen direct de la carte.

Par contre, un excellent moyen de reconnaître les trains et de pointer les phases consiste dans l'examen des barogrammes. La fig. 9 montre, pour les mêmes journées du 17 et 18 septembre, la position des différentes ondes. La courbe A est le résultat des comparaisons, faites toutes les 6 heures, des pressions distantes sur le barogramme de 48 heures. L'onde la plus favorisée par ces comparaisons a une période de 4 jours. La courbe B donne les résultats des comparaisons faites également toutes les 6 heures pour des pressions distantes de 24 heures (onde la plus favorisée E=48 heures). Ce graphique fait apparaître avec une netteté remarquable l'onde de trois jours, celle qui appartient à la discontinuité tropicale. La courbe B n'est pas pure, elle est encore sous l'influence de l'onde de trois jours, mais cette onde est réduite en amplitude et surtout apparaît modulée par une série de noyaux perturbateurs de 30 heures de période. La modulation est encore assez accusée pour déceler la phase de ces ondes secondaires. Ainsi trouve-t-on que le 18 septembre, à 13 h. T. M. G. (le graphique est à l'heure légale de 60° W.) Fort-de-France était au sommet de l'onde de 30 heures et sur la branche ascendante de l'onde de trois jours. L'examen qu'on venait de faire des cartes isallobariques rendait compte de ces deux ondes. Il en faisait supposer une troisième dans le Sud. Cette dernière n'apparaît pas sur le graphique, à moins que les petites irrégularités qui y figurent doivent lui être impliquées. Cette troisième onde devait par conséquent se trouver en dehors de la zone de sensibilité du baromètre de Fort-de-France, conclusion également conforme à celle de l'examen des cartes.

Une objection reste possible : les trains d'ondes une fois amorcés peuvent effectivement être décelés par cette méthode. Mais qu'arrive-t-il si un train naît brusquement ? Tout d'abord, il est difficile de croire après l'expérience acquise aux Antilles qu'un déclanchement de train puisse tout de suite se traduire par une forte perturbation. Ensuite, le déclanchement d'oscillations nouvelles paraît toujours être annoncé par une cause physique apparente comme par exemple par le déversement d'air froid d'origine septentrionale ou méridionale (du Vénézuéla).

Du reste, il est certain qu'il n'est pas possible, dans l'état actuel des transmissions météorologiques de l'Atlantique, de se passer de l'extrapolation. L'application des idées qui viennent d'être exposées permet d'une façon générale, en pratique, de se contenter d'un seul météogramme provenant de l'Est pendant trois ou quatre jours. Dans quelques cas particuliers, nous avons pu nous former une image assez précise de l'évolution du temps dans l'Est des Antilles pendant une semaine sans recevoir aucun renseignement de cette région si souvent

déserte, rien qu'en suivant le déplacement des ondes sur la mer des Antilles et en étudiant la forme de l'anticyclone au NE des Antilles.

La connaissance des variations prochaines dans la structure du front tropical ne suffit pas à elle seule pour faire de la prévision du temps. Il est indispensable de faire appel aux facteurs physiques : température, humidité, mouvements verticaux de l'air, pour arriver à déterminer les zones de pluie, de grosse mer et de vent. Les caractères des passages frontaux sont liés à ces questions.

III. — Passages frontaux

Le caractère principal de l'atmosphère tropicale paraît résider dans l'épaisseur considérable de la troposphère. Au cours de ce qui suit, on constatera que les masses d'air actives et perturbatrices ne touchent pas en général à la tropopause. Fait important du point de vue du rôle que peut jouer l'air supérieur dans les invasions froides. En admettant que la perturbation type soit provoquée par l'onde de trois jours (ce qui est vrai surtout pendant l'hiver) à laquelle on peut assigner une longueur de 2000 km. environ (en hiver, ces ondes sont plus longues) et si l'on admet pour ces ondes une pente d'air froid de 1/100e, le sommet des masses froides ne doit pas dépasser de beaucoup 10 km., soit un peu plus de la moitié de la troposphère tropicale. Les faibles variations habituelles de la pression au sol faisaient déjà pressentir une telle distribution.

Dans le plan horizontal, au sol, la limite méridionale des ondes froides est indiquée par un changement brusque de gradient barométrique. Quant aux limites septentrionale et latérale de ces invasions, elles sont souvent plus difficiles à préciser en raison de la présence de la discontinuité verticale. Néanmoins, on peut admettre que les ondes épousent le tracé barométrique. Pour l'étude physique du temps, il est nécessaire de pouvoir reconnaître les fronts de séparation. En se basant pour ceci sur le champ de la pression (élément le plus sûr et dont on dispose toujours) il y a lieu de distinguer deux cas :

1° *Fronts froids.* L'ascension du baromètre a lieu, si le front n'est pas surplombant bien entendu, à l'endroit même où la pression commence à monter à condition toutefois qu'il ne s'agisse pas d'une perturbation en altitude.

2° *Fronts chauds.* Il est beaucoup plus difficile de retrouver sur la carte le tracé des fronts chauds, car en vertu de la forme habituelle des masses froides, la pression commence à baisser à partir du milieu de la masse froide. Donc, pour déterminer ces discontinuités, il n'est pas commode de se servir de la pression. Il est préférable d'étudier directement les températures et d'examiner les successions nuageuses. Malheureusement, la plus grande partie des radiométéos de la région ne donne pas la description du ciel.

Avant de présenter des exemples de passages frontaux, on peut indiquer quelles sont les utilisations possibles des renseignements frontologiques.

Les *fronts froids* : 1° produisent des précipitations d'autant plus abondantes que la discontinuité est mieux marquée,

2° augmentent la vitesse du vent en le faisant dévier vers la droite,

3° sont accompagnés de plafond très bas,

4° améliorent la visibilité quand la masse d'air qui leur a donné naissance est d'origine océanique,

5° délimitent, lorsqu'ils sont voisins sur la carte, une région de basses pressions relatives presque toujours accompagnées d'orage.

Les *fronts chauds* : se manifestent de façon très variable surtout en raison de l'état actif ou passif de l'air chaud.

D'autre part, l'état lamellaire des masses froides, plus accusé qu'en Europe, enlève souvent sa signification au front chaud. Il arrive que, dans le coin froid agressif, se séparent des petites montagnes froides se terminant par un front chaud. Celui-ci est presque immédiatement suivi d'une nouvelle invasion froide conservant elle-même une structure lamellaire. Quelquefois, l'air chaud se signale par de la pluie de longue durée orageuse ou fine, répondant exactement dans ce dernier cas à la définition de bruine. Ce cas se produit notamment quand la baisse barométrique est plus rapide que la hausse. Il est probable que ceci indique que la surface de discontinuité a une forte pente et qu'il se crée un mouvement ascendant de l'air chaud dont la vitesse intrinsèque est peu considérable.

Sans chercher à pénétrer plus loin dans ces détails qui sont, il faut le dire, encore peu étudiés, on peut admettre en première et utile approximation que l'arrivée des masses froides est toujours accompagnée de mauvais temps et que l'air chaud rétablit le plus souvent le beau temps.

On a pu constater qu'une masse d'air chaud de dimensions importantes est obligatoirement suivie de fortes pluies. Ainsi, en pleine période sèche, dans les premiers jours de février 1937, la région des

Antilles a été envahie par un courant chaud lié à une dépression passant au Nord des Grandes Antilles. Le temps clair et chaud durait depuis six jours. Deux sondages en avion ont eu lieu au cours de cette période. L'examen de la carte du 4 février a permis de constater que l'air chaud se retirait. On a prévu, pour la base d'aviation de Fort-de-France, des pluies pour le 5. Il a plu en effet toute la journée du 5.

Ces prévisions en plein air chaud sont très difficiles. Cette dernière a été possible seulement parce qu'on était en présence de l'air chaud envahissant la région. En général, l'arrivée de l'air chaud ne constitue qu'un retour aux conditions normales après le retrait de l'air appartenant à une masse froide.

A titre d'exemple, voici quelques observations du ciel accompagnant les passages frontaux :

Front froid du 9 août. — Sur la carte : à l'Est des Petites Antilles, inclinaison des isobares dénonçant des hautes pressions. A la Martinique, depuis le 8 au matin, averses par cumulonimbus isolés avec manifestations orageuses. Vents du secteur SE, temps chaud. Le 9, vent devenant nul, ciel toujours clair ; puis, dans la soirée, apparition d'altocumulus. Dans la nuit du 9 au 10, le ciel se couvre et apparaissent des cumulonimbus puissants, tout l'Est est illuminé par des éclairs. Le matin, vers quatre heures, averses torrentielles produites par des stratocumulus et augmentation de la vitesse du vent. Au-dessus des stratocumulus, voile d'altostratus. Le rafraîchissement précède la grosse pluie. Dans la soirée, le plafond s'élève de plus en plus ; l'altostratus n'est plus uniforme et tend à se transformer en altocumulus lenticulaire. Au-dessus apparaissent des cirrocumulus La fig. 10 donne l'interprétation de cette perturbation. Les pluies préfontales sont dues uniquement à l'ascension locale de l'air chaud. La fig 11 donne la situation sur la carte.

Secteur chaud du cyclone du 8 septembre. — Le cyclone se trouve dans le NE de la Guadeloupe. Dès 9 heures, la température monte à 33°. Le ciel est couvert par des petits cirrus en houppettes venant de l'Est. Les cumulus viennent du SW. A la limite des deux courants se forment des bancs de faux cirrus.

Successions frontales du 20 au 21 juillet. — Le 20 juillet, à 00 h. 00 T. M. G. le ciel est clair succédant à de petites averses locales (convection localisée dans l'air chaud). Plus tard, apparaissent de gros faux cirrus affectant la forme d'enclume. Le vent est du secteur ENE faible. Le temps devient de plus en plus beau, les nuages disparaissent. A 12 h. T. M. G., le temps est lourd, de gros cumulonimbus se forment et des petites averses continuent à se produire. En hauteur, on observe de très petits bancs de cirrus et de cirrocumulus. A 14 h., le vent se lève très léger du S., puis vient du SW. Dans le NE apparaissent d'immenses cumulonimbus précédés de cirrus. A 18 h., le grain arrive et le thermomètre accuse une chute brusque de 3°. Le vent vient aussi brusquement au NNE. Le 21, à 00 h. T M .G., l'orage est encore observable dans le NW. Le temps redevient lourd, la baisse du thermomètre est arrêtée. Le vent reste néanmoins au N, puis le ciel se couvre par un voile d'altostratus. Vers 04 h. 00 T. M. G. apparaissent des éclairs dans le NE, l'orage arrive sur la Martinique à 14 h. 00, une nouvelle baisse de température se produit et le vent revient à l'Est. Les fig. 12 et 13 interprètent ces observations.

IV. — L'origine et les mouvements des masses d'air

Ce que l'on vient de lire sur les fronts de discontinuité de la région antillaise est à peu près tout ce que l'on peut affirmer sur la morphologie des fronts.

Aucune étude détaillée des discontinuités n'a encore eu lieu. On possède tout juste quelques indications sur la longueur des fronts qui s'étendent en général sur toute la chaîne des petites Antilles. Dans quelques cas isolés, on a réussi à déterminer la pente de l'air froid et certains mouvements au voisinage de la surface de discontinuité.

On s'est bien rendu compte du rôle important que doit jouer la vitesse de l'air supérieur, mais dans cette voie on a été arrêté jusqu'à présent par la rareté des sondages aérologiques et aucune conclusion générale ne peut encore être proposée. On peut espérer que c'est une affaire de proche avenir.

Dans une région maritime, on peut néanmoins pousser plus loin, rien qu'avec des observations terrestres, les études relatives aux masses d'air. Les températures au niveau de la mer ne sont pas représentatives, mais elles peuvent être considérées comme étant uniformément, en première approximation, influencées par la mer sur un espace étendu. Aussi, s'est-on laissé tenter par cette hypothèse pour rechercher les contours d'ensemble des masses d'air. Les fig. 14 à 21 sont des cartes isothermes de la région. Ces cartes sont synoptiques et, par conséquent, elles sont déformées par l'influence de la longitude. Elles ont été tracées en tenant compte de la température,

des précipitations et de la pression. On y constate, en examinant la variation du gradient que les masses d'air peuvent être isolées et tracées sur les cartes. Sur les cartes du 25 et du 26 juillet 1936, on n'aura pas de peine à reconnaître la progression vers l'Ouest d'une masse d'air froid. Dans la partie orientale de la carte du 25, on constate que la masse d'air a pour origine un chapelet de noyaux qui parcourt les Petites Antilles (ondes courtes). Les cartes du 5 au 8 et du 27 au 28 septembre 1936 fournissent d'autres exemples dont l'interprétation frontologique est essentiellement basée sur les isothermes et les précipitations et n'a été adoptée qu'après examen d'une série de cartes se rapportant aux périodes considérées. Néanmoins, en raison de la faible densité du réseau le tracé des fronts n'est précis qu'à 100 ou 150 k. près. On est amené, en examinant ces cartes, à reconnaître qu'il y a des processus variés de circulation des masses d'air. Le front tropical apparaît sur presque toutes les cartes présentées (fig. 15 en particulier). De plus, on y distingue des masses d'air froid venant du Sud (air continental frais) et d'autres masses chaudes s'écoulant du Nord (air continental chaud). En ce qui concerne les premières (voir cartes du 31 juillet, des 5, 6, 7 et 27 septembre) leur origine paraît être le continent Sud-Américain, quant aux masses chaudes septentrionales ce sont les Etats-Unis d'Amérique qui leur donnent naissance en cette saison. Les unes et les autres ont une importance météorologique puisqu'elles créent des perturbations (les averses par exemple). L'air chaud continental de l'Amérique du Nord descendu vers le tropique le 5 septembre a même provoqué une véritable dépression au Nord de Cuba.

D'autre part, en examinant la forme des surfaces de contact, on trouve souvent des interpénétrations de masses voisines (carte du 5 septembre dans les parages d'Haïti et du 7 au Nord de Panama). Il est possible que ce soit là la preuve de l'existence du mouvement oscillant dont il a été question plus haut (ondes longues). Toujours est-il que l'apparition de ces mouvements en un lieu éloigné de l'origine géographique de la masse d'air semble aboutir à un brassage rapide et à l'extinction du mouvement oscillant lui-même.

La durée de l'existence autonome des masses est très variable. On suit facilement la propagation d'un jour à l'autre d'une masse froide qui circule le long du front tropical. Ce genre de masse paraît être alimenté par la source. Par contre, l'air froid du continent Sud-Américain, qui se détache de son réservoir d'origine pour pénétrer dans la mer des Antilles ne subsiste même pas 24 heures (par exemple du 27 au 28 septembre).

En ce qui concerne le sens du mouvement des masses dans l'ensemble, il est dirigé de l'Est vers l'Ouest. Cependant, dans le cas de mouvements oscillatoires amorcés localement sur une surface de contact, on peut avoir des transferts dans tous les sens. Les masses continentales paraissent également contredire la règle précédente, leur mouvement, surtout au début de leur apparition, a été dans tous les cas examinés, dirigé suivant le méridien.

On a cherché sans succès à rattacher la direction du vent à la nature des masses et à leurs sens de propagation. Tout ce que l'on peut dire actuellement, c'est que la direction du vent ne coïncide pas nécessairement avec le sens du mouvement de la masse. Par contre, dans la mer des Antilles, on a pu plusieurs fois tirer des renseignements utiles de la vitesse du vent, observé à une certaine distance (50-100 km.) du front. Ainsi, au mois de juin 1936, après le passage d'une masse originaire de l'anticyclone de l'Atlantique, on a constaté une augmentation de la vitesse du vent telle qu'on pouvait croire à une forte baisse dans l'Ouest. Le gradient local ne justifiait pas cette vitesse et on a dû l'attribuer à la sommation des vitesses propres de la masse et du courant équatorial. Cette façon de voir trouve une confirmation dans des situations fréquentes dans l'Ouest de la mer des Antilles où les mouvements de Sud-Ouest existent (voir par exemple L. T. Chapel, dans *Monthly Weather Review*, 1935). Dans ces cas, le vent au sol, tout en restant à l'extrême limite de l'invasion de l'Est, s'y affaiblit considérablement et il est même avantageux pour l'interprétation des cartes synoptiques de le considérer comme un vent d'Ouest.

Nous avons également cherché à trouver des fronts occlus. Jusqu'à présent, on ne possède pas de renseignements précis à leur sujet. Des occlusions dans le plan horizontal sont, par contre, assez fréquents (fig. 20, région de Cuba). Il est arrivé plusieurs fois de trouver, au Sud de la Floride, des masses froides complètement isolées de leur réservoir. Des pluies de longue durée sur Key-West paraissent notamment dues à ces masses en état de réchauffement.

Fort-de-France (Martinique).

S. Frolow,

Ingénieur-Météorologiste des Colonies.

Au sujet des séismes de la chaîne des Petites Antilles

Pendant la période allant de septembre 1936 à septembre 1937 le séismographe de 20 tonnes de Quervain-Piccard de l'Observatoire du Morne-des-Cadets (Martinique) a fourni les enregistrements de 76 séismes voisins de cette colonie. Les distances épicentrales sont réparties comme suit :

Δ	Nombre de secousses
50 à 100 km.	23
100 à 200 km.	29
200 à 300 km.	18
300 à 350 km.	4
350 à 500 km.	2

Dans ce tableau ne figurent pas les enregistrements assez nombreux dus à de très petites secousses locales, ni ceux dont le dépouillement nous a semblé douteux pour quelque raison que ce soit.

Aucun de ces séismes n'a été signalé par une autre station, aussi avons-nous tenté, chaque fois que la chose nous a paru possible, de les étudier complètement sur nos seuls enregistrements.

Il ne s'agit pas de séismes importants ; à la Martinique seules 3 secousses ont été ressenties pendant cette période et l'intensité n'a pas dépassé le degré 2 de l'échelle internationale. Le nombre relativement élevé des tremblements de terre, ainsi enregistrés, par rapport à celui des années précédentes n'indique pas une augmentation de la séismicité de la région, il met seulement en évidence la sensibilité de l'appareil employé par rapport aux séismographes Maïnka, seuls en service précédemment.

Il nous paraît intéressant de noter le petit nombre de secousses provenant d'épicentres situés entre 350 et 500 km. par rapport à celui des secousses à épicentre plus rapproché ; on peut évidemment expliquer ce fait en invoquant la diminution rapide de l'amplitude avec la distance de propagation ; nous ne pensons pas que cette explication soit suffisante, il faut plutôt, semble-t-il, conclure à une grande séismicité de la chaîne des Petites Antilles par rapport aux régions voisines ; un cercle de 350 kilomètres de rayon englobe en effet presque exactement l'ensemble de cette chaîne.

Presque tous les séismes considérés semblent avoir des foyers relativement peu profonds, ce qui explique leur faible distance de propagation. On a toujours des phases en très bonne concordance avec celles données par les tables de Mohorovicic correspondant à $h = 25$ km. Cette correspondance souvent excellente nous a paru digne d'être signalée : on ne pouvait prévoir à priori que de telles tables, établies sur les données de séismes d'Europe centrale, s'appliqueraient sans modifications à des régions aussi éloignées et de constitution géologique si différente que les Petites Antillles.

Si l'on tient compte du fait que les phases signalées par Mohorovicic se retrouvent également avec précision sur les enregistrements faits en Indochine et à Madagascar par exemple, il paraît probable que l'on soit en droit de leur accorder une valeur générale pour toutes les régions du globe.

Les séismographes Maïnka ne nous ont jamais permis de fixer la position d'une secousse par les seuls moyens de notre station ; l'amplification vingt fois plus grande donnée par le grand séismographe permet au contraire dans certains cas de tenter des mesures d'azimuts avec une précision acceptable. Dans ce but nous avons donné la même période aux deux composantes horizontales et cherché à avoir pour ces composantes des coefficients d'amplification aussi semblables que possible. Il restait néanmoins à s'assurer, pour pouvoir accorder quelque confiance aux résultats obtenus par cette méthode, que les conditions d'installation très particulières des séismographes à la Martinique, au sommet d'une colline de constitution géologique complexe à parois fort abruptes, ne modifient pas dans de très grandes proportions la direction des mouvements à l'émergence. Une première vérification nous a été donnée par le fait que le séisme du 29 décembre 1936, placé sur les données de nos enregistrements, au voisinage de la Guadeloupe a été ressenti dans cette île. Il faut d'ailleurs remarquer qu'il ne semble pas y avoir une relation précise entre la violence avec laquelle une secousse est ressentie près de son épicentre et l'importance de l'enregistrement qu'elle donne à quelque distance ; par exemple, le 6 avril une secousse ressentie à la Guadeloupe n'a donné qu'un enregistrement de moyenne importance, tandis que les très

beaux enregistrements des 4 décembre 1936 et 5 mars 1937, correspondent à des secousses qui, bien que placées au voisinage de cette île, ne nous ont pas été signalées comme ressenties.

Nous donnons ci-contre les positions géographiques des épicentres ainsi déterminés :

Date	Heure TMG	Lg. W	Lat. N	
25 octobre 1936 ..	21 h. 01'17"	60°45'	12°15'	
6 novembre 1936	02 h. 18'02"	63°10'	15°20'	
4 décembre 1936.	01 h. 27'29"	61°00'	16°10'	
29 décembre 1936.	12 h. 44'28"	61°00'	16°45'	ressentie à la Guadeloupe
31 décembre 1936.	08 h. 56'44"	60°10'	15°10'	ressentie à la Martinique
5 mars 1937....	04 h. 29'20"	60°45'	15°45'	
13 avril 1937....	00 h. 10'51"	62°20'	15°20'	
15 mai 1937	15 h. 44'33"	60°00'	13°00'	
28 mai 1937.....	02 h. 44'28"	58°45'	16°30'	
8 juin 1937	11 h. 35'30"	60°20'	14°35'	ressentie à la Martinique
12 août 1937....	13 h. 05'50"	60°15'	14°30'	ressentie à la Martinique
31 août 1937....	11 h. 58'41"	61°10'	13°10'	

Tous les foyers ainsi déterminés sont sous-marins ; la séismicité apparaît nettement maximum sur le talus à pente raide bordant la chaîne des Antilles, du côté Atlantique. Par contre, la mer des Antilles, malgré ses reliefs accentués, se montre relativement stable pendant la période considérée. Tous les séismes ressentis à la Martinique ont eu leurs foyers à 70 ou 80 kilomètres à l'Est de l'île ; cette région semble actuellement particulièrement active si l'on en juge par le grand nombre de secousses enregistrées provenant de foyers situés à cette distance (carte p. 118).

Malgré le petit nombre de secousses étudiées, on trouve ici une exacte application des lois énoncées par Montessus de Ballore. On vérifie également la remarque, souvent faite, que toute secousse séismique notable est rarement isolée, par exemple les séries de secousses des 6 au 21 novembre 1936 et des 3 au 14 janvier 1937, qui présentent à l'enregistrement des analogies frappantes, proviennent selon toute probabilité d'épicentres peu éloignés les uns des autres ; il nous est cependant impossible d'affirmer ce fait en raison de l'incertitude que présente le dépouillement à une seule station dès que l'enregistrement n'a pas une amplitude suffisante. Il serait par suite extrêmement utile de disposer pour ces études des renseignements d'une deuxième station placée à quelque distance de la Martinique. Même si une telle station était munie d'instruments moins sensibles que ceux dont nous disposons, les distances épicentrales qu'elle pourrait fournir, jointes aux renseignements donnés par le grand séismographe, permettraient de fixer, dans un grand nombre de cas, les épicentres avec assez de précision pour que l'on puisse en tirer tous les renseignements d'ordre géologique qu'une telle détermination peut fournir. En particulier l'étude de mouvements qui se produisent encore de nos jours dans cette région du globe, particulièrement intéressante à ce point de vue, tirerait un grand bénéfice de cette collaboration.

MOLARD,
Ingénieur civil des Mines.
Ingénieur-Météorologiste des Colonies.
Morne-des-Cadets (Martinique).

NOTES ET INFORMATIONS

Le **Congrès International de géographie** de 1938 s'est tenu à Amsterdam du 18 au 28 juillet. Le Ministère des Colonies s'y était fait représenter par trois délégués. Parmi les travaux plus spécialement susceptibles d'intéresser les lecteurs des *Annales*, figurent ceux des Sections : Coloniale, de Géographie Physique, d'Océanographie ; des Commissions : des Terrasses, des Variations climatiques. On notera d'une façon particulière, parmi les communications présentées, celles relatives au relief et à la circulation des océans ; et celles établissant, en dehors de variations climatiques, des changements de climat, notamment en Arabie, à partir du VIe siècle. La documentation générale fournie semble montrer que, depuis le début de l'ère chrétienne, les variations climatiques notables et de longue durée qu'on a pu observer ont toujours eu un caractère régional, et non général.

La **Conférence des Télécommunications**, tenue au Caire, en février 1938, a eu à examiner un certain nombre de questions en liaison avec les représentants de l'Organisation Météorologique Interna-

tionale. Au cours de cette conférence, deux ondes longues additionnelles ont été attribuées aux émissions météorologiques.

Le **Gouvernement de la Martinique** vient de faire terminer l'installation de trois petits bâtiments au voisinage immédiat du dôme de la Montagne Pelée. Ces bâtiments sont destinés à abriter une série d'appareils servant à enregistrer d'une façon permanente les manifestations de l'activité du volcan.

L'étude des parasites atmosphériques au moyen de l'oscillographe cathodique a été commencée, au Ministère des Colonies, par MM. Henry Hubert et J. Barberon.

L'Académie des Sciences Coloniales a constitué une Commission composée de MM. Bourdarie, Secrétaire Perpétuel, Blondel, Grandidier, Hersant, Henry Hubert, Mornet, Repiquet, Rousseau et Tilho, membres. Cette Commission a été chargée d'étudier la capture du Logone et la mise en valeur de la région tchadienne. Le rapport de cette Commission tend notamment à la mise au point de propositions précises à rédiger ultérieurement par l'Académie des Sciences Coloniales, l'Académie des Sciences et le Bureau des Longitudes, d'accord avec l'Inspection Générale des Travaux Publics au Ministère des Colonies et les Gouvernements intéressés. Le Ministre des Colonies a donné son adhésion de principe relativement à l'élaboration de ces propositions.

Les **recherches hydrologiques effectuées dans le delta intérieur du Niger** ont montré que les eaux souterraines de la région descendent progressivement à partir du fleuve. Elles sont donc alimentées par celui-ci. On sait que M. Henry Hubert avait montré autrefois des faits analogues pour le bas Sénégal. Il est probable que des recherches ultérieures permettront de montrer la généralité de faits semblables dans les régions analogues à celles qualifiées de sahéliennes en A. O. F.

La **première semaine de la houle**, à laquelle sont priés de participer les Services Météorologiques des pays maritimes, aura lieu en novembre 1938.

Des **photographies de l'appareil volcanique de la Réunion** ont été prises récemment, en avion, par le Chef du Service de l'aéronautique militaire de Madagascar.

Un **Congrès International de Photogrammétrie** doit se tenir à Rome du 24 septembre au 10 octobre 1938.

La **Commission Internationale de Météorologie aéronautique** doit tenir sa deuxième session à Berlin, en juin 1939.

L'organisation Météorologique Internationale a désigné comme chef du Secrétariat M. le Dr Swoboda, en remplacement de M. Cannegieter, nommé Directeur de l'Institut Météorologique, à de Bilt.

La **Commission française de l'Année Polaire** s'est réunie le 22 juin 1938, au Bureau des Longitudes, sous la présidence de M. Fichot, membre de l'Institut. M. Maurain a présenté le tome II des Publications françaises relatives à l'Année Polaire. La Commission a examiné ensuite les publications restant à faire.

La **Commission Coloniale d'Hydrologie Scientifique** s'est réunie le 3 juin 1938 au Ministère des Colonies sous la présidence de M. Diénert. Sur la proposition de M. Hubert, M. Guillanton a été nommé membre de la Commission. Il sera chargé spécialement d'établir la liaison entre les Services Géologiques des Colonies et la Commission. M. Bourcart a montré ensuite l'importance du problème de l'eau dans le Sud-Marocain, a et préconisé la constitution en France d'une institution inspirée du « Water Supply » des Etats-Unis.

La **section française d'Hydrologie Scientifique** a créé une Commission dite des Méthodes de Mesures. Celle-ci, constituée par MM. Léon Bertrand (Président), Frolow, Hubert, Vignerot et Urbain a élaboré un programme d'instructions se rapportant : à l'objet des observations ou mesures d'hydrologie et à l'énumération, la réalisation et le protocole de ces observations.

BIBLIOGRAPHIE

COMBIER (R. P. Ch.), S. J. ; GAUBERT (P.) ; PETITJEAN (L.) [Mémoires de MM.] ; — BEAULIEU (R.) ; BOCHET (R) ; HABAULT (P.) ; LEMIEUVRE (A.) ; MÉZIN (M.) et ROCHE (G.) [Notes de MM.]. — **Vents de sable et pluies de boue.** Mémorial de l'Office National Météorologique de France, n° 27, un vol. 23×27 cm., de 135 p. Paris, 1937. (A l'Office National Météorologique).

Les vents de sable et les pluies de boue sont des phénomènes connexes, ces dernières ne se produisant que lorsque du sable des régions sahariennes a été emporté par le vent vers les pays septentrionaux où se produisent des précipitations.

Les conditions les plus favorables aux vents de sable au Sahara s'observent de février à octobre, lorsque les perturbations qui les déterminent ont leur centre au-dessus des ergs. Les régions de plus grande fréquence des vents de sable algériens sont le Touat, la Saoura et le Grand Erg oriental. Les cartes des vents de sable sont « complémentaires » des cartes des pluies.

En Syrie, les vents de sable peuvent se produire toute l'année, dans les régions où il ne pleut que rarement. La partie extérieure, visible du météore, est le « mur », surface de sable fortement inclinée vers l'avant et à concavité tournée vers le haut. Elle est produite par un mouvement plongeant d'air froid, précédant normalement un orage, et accompagné d'une rapide augmentation de la pression. Il s'agit par conséquent d'un mécanisme comparable à celui observé en A. O. F. pendant la période d'hivernage (cf. *Ann. Phys. Gl. France O.-M.*, 1934, n° 1).

***

BESAIRIE (Henri), GENCE (Maurice), LENOBLE (André) : **Notice explicative sur la feuille Beravina** ; — BESAIRIE (Henri) : **Notice explicative sur la feuille Maintirano** ; — BESAIRIE (Henri), GENCE (Maurice) : **Notice explicative sur la feuille Morafenobe** ; — Carte géologique de reconnaissance [de Madagascar] à l'échelle du 200.000e. Tananarive, 1937 (Imprimerie officielle).

Du fait de leur spécialisation même, les publications très intéressantes du Service Géologique de Madagascar ne peuvent pas faire l'objet des notices bibliographiques de ces *Annales*. Il convient, toutefois, de signaler ici les travaux systématiques poursuivis par ce Service relativement au magnétisme terrestre. Les notices explicatives des feuilles de Beravina, Maintirano et Morafenobe fournissent d'intéressants renseignements sur les propriétés magnétiques des roches, le réseau magnétique et les profils magnétiques. Ces derniers mettent en évidence la susceptibilité magnétique exceptionnelle des filons doléritiques. Ceux-ci déterminent des anomalies tellement fortes que, même lorsqu'ils n'affleurent pas, leur position, leur pendage et leur profondeur peuvent être déduites de l'examen des profils.

***

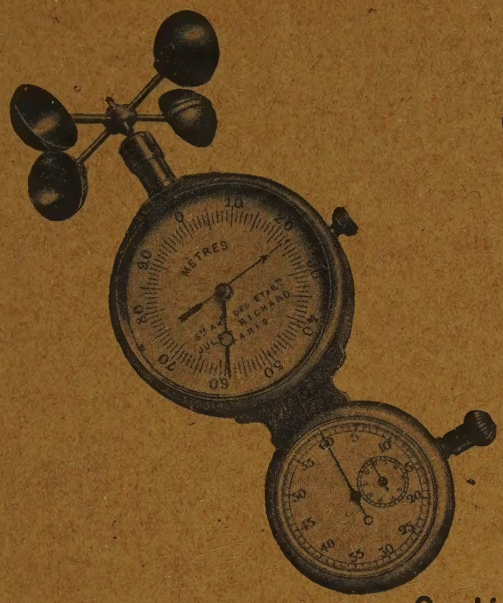
BOSSOLASCO (M.) et EGEDAL (J.). — **Our Knoledge of the lunar-diurnal variation on the magnetic declination and results obtained from observations at Mogadiscio.** *Terrestrial Magnetism and Atmospheric electricity*, juin 1937, p. 123.

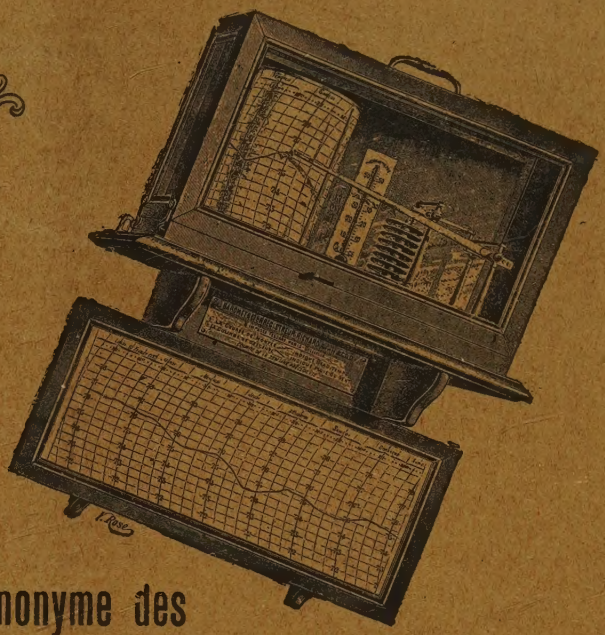
Les observations magnétiques faites au cours de l'*Année Polaire* à Mogadiscio (Somalie italienne), dans l'hémisphère *magnétique* austral, ont montré que, dans l'hiver 1932, la variation lunaire diurne de la déclinaison avait atteint 0',3 (3 γ), alors que dans les étés de 1932 et 1933 elle avait été beaucoup plus faible. Les différences, par rapport à d'autres stations, montrent que dans la représentation du champ de cette variation il convient de tenir compte des éléments magnétiques de la localité où sont faites les observations. La trop courte durée des recherches n'a pas permis une comparaison décisive entre les théories et résultats obtenus.

Pour les meilleures représentations du champ de la variation lunaire diurne, les coordonnées dépendant aussi des éléments magnétiques de la place doivent être utilisées. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de comparer les théories de la variation magnétique lunaire diurne avec les observations faites d'une manière complète, ceci parce que les renseignements ne sont pas assez nombreux. Dans l'avenir, les chiffres de Mogadiscio et de Para pourront faire progresser nos connaissances d'une manière plus complète.

L'Éditeur Gérant : R. PINARDON.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze.





Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

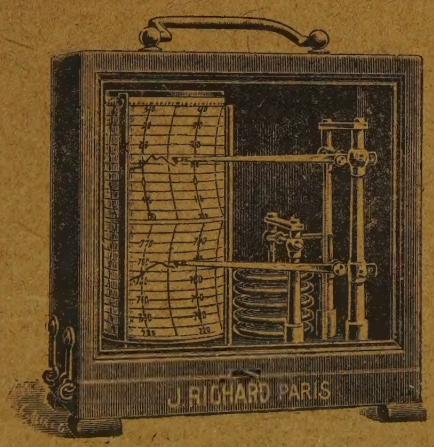
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

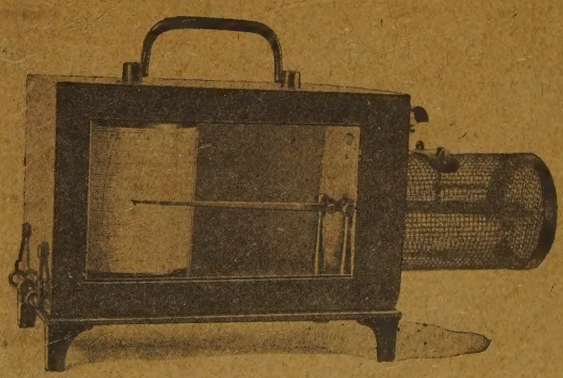
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

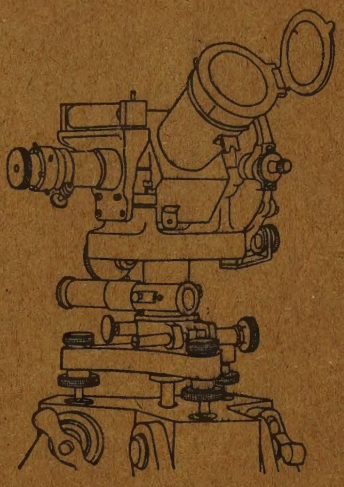
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY - LORIEUX - PONTHUS et THERRODE

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

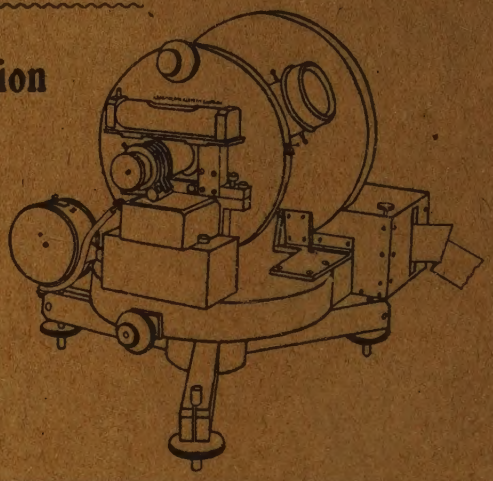
Tél. Alésia 26-37 et 26-38 — Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1938.